

Jaakko Dietrich

Siltojen yleistarkastusten laaturaportti

Tarkastuskausi 2007

Tiehallinnon selvityksiä 23/2008



TIEHALLINTO
VÄGFÖRVALTNINGEN

Jaakko Dietrich

Siltojen yleistarkastusten laaturaportti

Tarkastuskausi 2007

Tiehallinnon selvityksiä 23/2008

Tiehallinto

Helsinki 2008

Kannen kuva: Pentti Valmunen

ISSN 1459-1553
ISBN 978-952-221-096-8
TIEH 3201102-v

Verkkojulkaisu pdf (www.tiehallinto.fi/julkaisut)

ISSN 1459-1553
ISBN 978-952-221-096-8
TIEH 3201102-v

Asiatunnus (diaarinumero)

Edita Prima Oy
Helsinki 2008

Julkaisua myy/saatavana
Edita (asiakaspalvelu.prima@edita.fi)
Faksi 020 450 2470
Puhelin 020 450 011

TIEHALLINTO
Keskushallinto
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelin 0204 22 11

Jaakko Dietrich: Siltojen yleistarkastusten laaturaportti, tarkastuskausi 2007. Helsinki 2008. Tiehallinto, Keskushallinto. Tiehallinnon selvityksiä 23/2008, 37 s. + liitt. 2 s. ISSN 1459-1553, ISBN 978-952-221-096-8, TIEH 3201102-v.

Asiasanat: sillat, siltarekisteri, tarkastajat, tarkastukset, kuntomittaukset, laatu, laatuvaatimukset

Aiheluokka: 40

TIIVISTELMÄ

Tiehallinnon silloille tehdään vuosittain noin 3000 siltojen yleistarkastusta. Tarkastusten luotettavuutta arvioidaan laadunmittauksilla, jotka vastaavat yhdestä kahteen prosentin osuutta kaikista tarkastuksista. Laadunmittaukset ovat keskeinen osa siltojen hallintajärjestelmää. Rekisteritietojen laadun varmistamisen ohella ne mahdollistavat sillantarkastusprosessin ohjaamisen ja kehittämisen laatutavoitteiden avulla.

Tässä raportissa on kuvattu ja analysoitu vuoden 2007 laadunmittaustulokset, verrattu niitä vuosien 2002 - 2006 tuloksiin ja esitetty suosituksia tulosten hyödyntämiseksi käytännössä.

Laadunmittaustulosten perusteella yleistarkastusten laatu on parantunut hieman vuodesta 2006. Koska laadunmittauksissa hajonta on huomattavan suurta ja otoskoot melko pieniä on vaihtelu laadunmittaustuloksissa vuosien välillä odotettavaa. Erot yksittäisten vuosien välillä voivat siten olla osin myös sattuman tulosta. Tarkasteltaessa pidemmällä aikavälillä, vuoteen 2002 verrattuna on saavutettu selvä laadunparannus. Tähän muutokseen ovat vaikuttaneet niin tarkastusohjeissa tehdyt uudistukset, tarkastajien koulutus kuin itse laadunmittaustoimenpiteet.

Viimeisin merkittävä siltojen yleistarkastusten ohjeistukseen ja laadunvarmistusmenettelyihin liittyvä muutos oli vuonna 2006 julkaistu sillantarkastuskäsikirjan uusi versio. Koska uusien tapojen omaksuminen vie aikaa, voi uusittu ohjeistus aluksi jopa lisätä hajontaa sillantarkastajien välillä. Tähän vaikuttavat osaltaan erot sillantarkastajien kyvyissä ja taipumuksissa omaksua uusia menettelytapoja. Ajan myötä uudet ohjeet sisäistetään entistä paremmin ja on odotettavaa, että tulevaisuudessa erot mittaajien välillä näiltä osin pienenevät.

Vuoden 2007 tarkastustiedoista keskimäärin luotettavimpia ja tarkimpia olivat sillantarkastajien esittämät yleiskuntoarviot. Siltatasolla vauriopisteiden tarkkuus oli välttävää, mutta rakennetasolla hajonta oli huomattavan suurta. Korjauskustannusten osalta tarkastajien esittämät arviot olivat vielä melko hajanaisia.

Positiivisesta kehityksestä huolimatta nykyistä laatutasoa ei voida pitää riittävänä, vaan aktiivista laadunkehitystä tulee jatkaa myös tulevaisuudessa. Tärkeimmät raportissa esitetyt kehitystoimenpiteet liittyvät laadunvalvontajärjestelmän tehostamiseen. Näiden lisäksi huomiota kiinnitetään tarkastajien koulutukseen ja laadunhallintajärjestelmän kehittämiseen.

SAMMANFATTNING

Årligen görs allmänna inspektioner av över 3 000 av Vägförvaltningens broar. Inspektionernas pålitlighet utvärderas med kvalitetskontroller, som består av en till två procent av alla inspektioner. Kvalitetskontrollerna är en central del av broförvaltningssystemet. Förutom att kvalitetskontrollerna säkrar kvaliteten på registerdata, så möjliggör de styrning och utveckling av broinspektionerna med hjälp av kvalitetsmål.

I denna rapport har resultat från kvalitetskontrollerna år 2007 beskrivits och granskats och resultaten har jämförts med resultaten från åren 2002 – 2006. Rekommendationer görs för hur resultaten kan utnyttjas i praktiken.

Enligt kvalitetskontrollerna har broinspektionernas kvalitet förbättrats en aning sedan år 2006. Eftersom spridningen på kvalitetsmätningarna är väldigt stor och samplen relativt små kan man vänta sig variationer i kvalitetsmätningensresultaten olika år. Skillnaderna mellan enskilda år kan således bero på slumpen. Då större tidsintervall granskats, har det skett en tydlig kvalitetsförbättring, jämfört med år 2002. Denna förbättring beror på de förnyade inspektionsanvisningarna, utbildning av inspektörer samt själva kvalitetsmätningssåtgärderna.

Den senaste betydelsefulla ändringen i broarnas allmänna inspektionsanvisningar och metoder för kvalitetskontroll är den nya versionen av broinspektionshandboken som gavs ut 2006. Eftersom det tar tid att tillägna sig nya förfaringssätt, kan de nya anvisningarna till en början till och med öka spridningen mellan inspektörerna. Detta beror i sin tur på inspektörernas förmåga att tillägna sig nya förfaringssätt. Med tiden kommer de nya anvisningarna att anammas allt bättre och skillnaden mellan olika inspektörer kommer således att minska.

Av inspektionsdata år 2007 är de mest pålitliga och noggranna resultaten i medeltal broinspektörernas uppskattningar av broarnas allmänna tillstånd. På bronivå var skadepoängssumman på hjälplig nivå, men på brodelsnivå var spridningen väldigt stor. För reparationskostnadernas del var uppskattningarna som inspektörerna lade fram ännu ganska oenhetliga.

Trots den positiva utvecklingen kan inte dagens kvalitetsnivå anses tillräcklig, utan aktiv kvalitetsutveckling bör ske även i framtiden. De viktigaste utvecklingsåtgärderna som framförs i rapporten gäller effektivisering av kvalitetskontrollen. Förutom detta fokuseras det även på utbildningen av inspektörerna och utveckling av kvalitetsledningssystemet.

SUMMARY

Every year about 3000 general inspections are made the bridges of the Finnish Road Administration. The reliability of the inspections is estimated by quality measurements constituting one to two percent of all the bridge inspections. The quality measurements are among the central elements of a bridge management system. Along with securing quality, the quality measurements enable the controlling and development of the bridge inspection process with quality targets.

This report describes and analyses the results of the bridge inspection quality measurements in year 2007, compares the results with the statistics from the years 2002 - 2006 and makes suggestions for utilising the results in practice.

The results of the quality measurements suggest that the quality of the bridge inspections has improved slightly since 2006. Since the variation in the quality measurements is rather large and the quality control samples are fairly small, changes in the quality measurement results is to be expected. Differences from year to year may be partly explained by the random variation in the results. When looking in the long run, the results suggest that the inspection quality has improved from the year 2002. The change has been affected by the adjustments in the inspection manual, inspector training and quality control methods themselves.

A new version of the bridge inspection handbook in 2006 was the most significant single change in quality management practice. Since the adoption of new practices takes time, the level of quality may first decrease after the publication of the new instructions. Differences in the inspectors' personal characteristics and abilities to adopt new practices are likely to affect the results. As time goes on the new instructions gradually become a part of the inspectors' routines, and the difference between the inspectors will decrease.

In 2007, overall condition estimates were the most reliable and accurate results. At the bridge level, the accuracy of damage indices was tolerable, but at the bridge element level the dispersion of the inspectors' estimates was remarkably high. With regard to repair costs the estimates presented by the inspectors were still quite incoherent.

Despite the positive development of quality measures, the current quality level is not sufficient and active development work should be continued in the future. The most important development measures presented in this report are related to the quality control system. In addition, attention is paid to inspector training and development of the quality management system.

ESIPUHE

Tiehallinnon siltojen kuntoa seurataan noin kerran viidessä vuodessa tehtävillä yleistarkastuksilla. Yleistarkastukset ovat pääasiallinen tietolähde myös siltojen korjausten priorisoinnissa ja ohjelmoinnissa sekä verkkotason analyseissä.

Tässä raportissa on analysoitu vuoden 2007 siltojen yleistarkastusten laatua, verrattu sitä vuosien 2002 - 2006 tuloksiin ja esitetty suosituksia tulosten hyödyntämiseksi käytännössä.

Raportin on laatinut Pöyry Infra Oy:ssä DI Jaakko Dietrich. Työtä on ohjannut ja valvonut Tiehallinnon keskushallinnossa DI Marja-Kaarina Söderqvist.

Helsinki, marraskuu 2008.

Tiehallinto
Keskushallinto

Sisältö

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | JOHDANTO | 11 |
| 1.1 | Taustaa | 11 |
| 1.2 | Tavoitteet | 11 |
| 2 | SILTOJEN YLEISTARKASTUSTEN LAADUNMITTAUS | 11 |
| 2.1 | Laadunvarmistusjärjestelmä | 11 |
| 2.2 | Tarkastusten laadun yleiset vaatimukset | 13 |
| 2.3 | Laadunmittauksessa käytetyt tunnusluvut | 13 |
| 2.4 | Laatutavoitteet ja poikkeamaraportointi | 15 |
| 2.5 | Jatkokoulutuspäivä | 16 |
| 2.6 | Tiepiirikohtainen yleistarkastusten laadunmittaus | 16 |
| 3 | JATKOKOULUTUSPÄIVÄN TULOKSET 2007 | 17 |
| 4 | YLEISTARKASTUSTEN LAADUNMITTAUKSET | 21 |
| 4.1 | Laadunmittausten kohdistuminen | 22 |
| 4.2 | Koko maan tulokset | 25 |
| 4.3 | Tarkastajakohtaiset tulokset | 31 |
| 5 | TULOSTEN LUOTETTAVUUS | 34 |
| 6 | SUOSITUKSET | 34 |
| 6.1 | Yleistä | 34 |
| 6.2 | Laadunhallintajärjestelmä | 35 |
| 6.3 | Laadunvalvonta | 35 |
| 6.4 | Laatuun vaikuttavien tekijöiden analysointi | 36 |
| 6.5 | Koulutuksen tehostaminen | 37 |
| 6.6 | Poikkeamaraportointirajat | 37 |
| 6.7 | Muu siltöjen tarkastustoiminta | 37 |
| 7 | LIITTEET | 37 |

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa

Tiehallinnon siltojen kuntoa ja toiminnallisuutta seurataan sillantarkastusjärjestelmällä. Tarkastusjärjestelmän keskeinen osa on yleistarkastus, joka tehdään sillan kunnan perusteella 3 - 8 vuoden välein. Vuosittain yleistarkastuksia tehdään Tiehallinnon silloille noin 3000. Yleistarkastuksessa tarkastaja käy sillan rakenneosat visuaalisesti läpi, kirjaa havaitut vauriot, arvioi päärakenteosien kunnan ja tekee ehdotuksia tarvittavista korjaustoimenpiteistä. Siltarekisteriin tallennettuja tarkastustietoja hyödynnetään mm. siltojen ikäkäyttäytymistä kuvaavissa ennusteissa, ylläpitotarpeen määrittelyssä, korjaussuunnittelussa ja toimenpideohjelmien laadinnassa.

Yleistarkastukset tilataan Tiehallinnon sillantarkastajatutkimnon suorittaneilta konsulteilta. Tarkastusten laadun varmistamiseksi on kehitetty laadunvarmistusjärjestelmä, joka perustuu tarkastajien koulutukseen ja sertifiointiin, ohjeiden kehittämiseen sekä yleistarkastusten laadunmittaukseen. Laadunmittauksen avulla Tiehallinto saa tietoa tilaamiensa sillantarkastustietojen luotettavuudesta, laatu-tasosta ja mahdollisista käyttörajoituksista. Laadunmittaus mahdollistaa myös sillantarkastusten ohjaamisen laatutavoitteilla. Laatutiedolla on olennainen osa sillantarkastusprosessia kehitettäessä, sekä Tiehallinnossa, että sillantarkastusorganisaatioissa.

Tulevaisuudessa siltojen kuntotiedon merkitys tulee korostumaan. 60- ja 70-luvuilla rakennetut sillat, jotka vastaavat yli 40 % Suomen sillastosta, saavuttavat lähivuosina 30 - 40 vuoden peruskorjausiän. Siltojen kunnossapitoon ja resurssien allokointiin tulee nyt kiinnittää entistä enemmän huomiota. Toimintasuunnitelmien laatimiseksi tarvitaan luotettavaa tietoa siltojen nykytilasta. Tässä raportissa analysoidaan vuoden 2007 siltojen yleistarkastusten laatua ja sen kehittymistä viimeisten kuuden vuoden aikana.

1.2 Tavoitteet

Raportin tavoitteena on:

- 1 kuvata ja analysoida vuoden 2007 laadunmittauksen tulokset ja tehdä vertailua vuosien 2002 - 2006 tuloksiin,
- 2 laatia suosituksia analysointitulosten hyödyntämiseksi.

2 SILTOJEN YLEISTARKASTUSTEN LAADUNMITTAUS

2.1 Laadunvarmistusjärjestelmä

Siltojen yleistarkastuksia koskevat yleiset ohjeet, määräykset ja laatuvaatimukset on määritelty seuraavissa julkaisuissa ja asiakirjoissa.

- 1 Siltojen yleistarkastusten sopimusehdot
- 2 Siltojen yleistarkastusten laatuvaatimukset

2) Laadunmittaustiedon hyväksikäyttö. Laadunmittauksissa saadaan paljon arvokasta tietoa mm. poikkeamaraporttien avulla. Tämän tiedon hyödyntäminen verkkotasolla laadunkehitystoimenpiteiden lähtötietona on vielä melko vähäistä.

2.2 Tarkastusten laadun yleiset vaatimukset

Sillantarkastusta koskevilla asiakirjoilla ei ole annettu yleistarkastusten laadulle yksikäsitteistä määritelmää. Koska laatu on aina jossain määrin subjektiivista, tarkan määritelmän antaminen ei ole suoraviivaista. Alla on esitetty kaksi eri näkökohtaa tarkastusten laadulle asetettavista yleisistä vaatimuksista.

1) Tarkastuksissa syntyvän tiedon tulisi olla siinä määrin virheetöntä, että se täyttää määrittelynsä mukaiset ehdot (laadun objektiivinen komponentti). Ts. siltojen kuntoarvioiden tulisi kuvata siltojen kuntoa systemaattisesti sillantarkastuskäsikirjassa esitetyllä tavalla.

2) Tarkastusten tulisi täyttää kuntotiedon käyttäjien tarkastustiedoille asettamat odotukset ja vaatimukset (laadun subjektiivinen komponentti).

Yksinomaan laadun objektiiviseen komponenttiin rajautuminen on ongelmallista. Sillantarkastuskäsikirjan ohjeet eivät ole yksiselitteiset vaan tarkastuksissa käytetään subjektiivista arviointia. Tämän vuoksi myös laatu on tulkinanvaraista. Toiseksi, kaikkien tarkastuksessa annettavien arvioiden tarkastelu ei suuren lukumäärän vuoksi ole mielekästä. Laatua tarkasteltaessa joudutaan siksi keskittymään vain käyttäjän kannalta *olennaiseen* tietoon. Kolmanneksi, kuntoarvioiden tarkkuus on suhteellista. Kaikkien suureiden täysin yhdenmukainen arviointi ei ole mahdollista eikä edes tarkoituksenmukaista. Näin ollen hyväksyttävän laatutason määrääminen johtaa väistämättä subjektiiviseen tarkasteluun.

Laadun subjektiivinen komponentti taas on ongelmallinen, koska käyttäjien odotukset eivät välttämättä ole yhdenmukaisia. Käyttäjien odotuksia ja vaatimuksia voidaan kuitenkin arvioida tiedon käyttötarkoituksen perusteella. Mittaustulosten käyttötarkoitus ja hyödynnettävyys määrää myös tiedon arvon. Yleistarkastusten laatua tulisikin ensisijaisesti mitata tunnusluvuilla jotka kuvaavat tarkastustiedon tarkkuutta lukujen hyödyntämiskohteiden kannalta.

2.3 Laadunmittauksessa käytetyt tunnusluvut

Yleistarkastusten laadunmittauksessa on ensisijaisesti seurattu siltojen vauriopesummaa (VPS) ja siihen perustuvia poikkeamalukua (PL) sekä suhteellista poikkeamaa (SP). Näiden lisäksi on tarkasteltu korjauskustannusten poikkeamalukua (PL_kust) ja suhteellista poikkeamaa (SP_kust).

Seuraava esimerkki kuvaa vauriopesiteiden poikkeamaluvun ja suhteellisen poikkeaman laskentaa. Korjauskustannuksien perustuvien tunnuslukujen laskenta noudattaa samaa periaatetta. Tunnuslukujen laskukaavat on esitetty liitteessä 1.

Esimerkki 1: Vauriopisteiden poikkeamaluku ja suhteellinen poikkeama

Ensin lasketaan yleistarkastuksen ja sitä vastaavien kontrollitarkastusten pääraakennekohtaiset vauriopisteet. Tämän jälkeen lasketaan pääraakenneosakohtaisesti tarkastusparien erotusten itseisarvot, valitaan niistä suurin (MAX) ja pienin (MIN) ja lasketaan näiden suhde (MAX/MIN). Jos suhde on pienempi kuin 3, lasketaan pääraakenneosakohtainen vauriopisteiden korjattu keskiarvo kaikkien kolmen tarkastuksen keskiarvona. Jos suhde on yhtä suuri tai suurempi kuin 3 lasketaan korjattu keskiarvo MIN –tuloksen tuottaneiden kahden tarkastuksen keskiarvona. Lopuksi lasketaan kunkin tarkastuksen vauriopistesumman ja kolmen tarkastuksen vauriopistesumman keskiarvon erotuksen itseisarvo (VPS-keskiarvo). Suhteellinen poikkeama saadaan jakamalla tämä itseisarvo kaikkien kolmen tarkastuksen vauriopistesummien keskiarvolla. (Taulukko 1). Laskennassa käytetään tarkkoja arvoja, mutta tunnusluvut pyöristetään kahteen desimaaliin.

Taulukko 1. Esimerkki vauriopisteiden suhteellisen poikkeamaluvun laskemisesta.

| Pääraakenneosa | YT | KT1 | KT2 | ka |
|-----------------------------|------|------|------|------|
| Alusrakenne | 6 | 4 | 5 | 5 |
| Reunapalkkirakenteet | 17 | 34 | 32 | 33 |
| Muut päällysrakenteet | 4 | 2 | 2 | 3 |
| Päällysteet | 12 | 0 | 10 | 11 |
| Muu pintarakenne | 6 | 6 | 4 | 5 |
| Kaiteet | 50 | 34 | 34 | 39 |
| Liikuntasaumalaitteet | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Muut varusteet ja lait. | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Siltapaikan rakenteet | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Yhteensä (VPS) | 101 | 86 | 93 | 93 |
| VPS-keskiarvo | 8 | 7 | 0 | |
| Suhteellinen poikkeama (SP) | 0.08 | 0.08 | 0.00 | 0.05 |

Vauriopisteiden poikkeamalukua varten lasketaan kunkin tarkastuksen pääraakenneosakohtaisten vauriopisteiden ja niitä vastaavien korjattujen keskiarvojen erotuksien itseisarvot ja niiden summat. Vauriopisteiden poikkeamaluku (PL) saadaan jakamalla itseisarvojen summa kaikkien kolmen tarkastuksen vauriopistesummien keskiarvolla. (Taulukko 2.)

Taulukko 2. Esimerkki vauriopisteiden poikkeamaluvun laskemisesta.

| Pääraakenneosa | YT | KT1 | KT2 |
|----------------------------|------|------|------|
| Alusrakenne | 1 | 1 | 0 |
| Reunapalkkirakenteet | 16 | 1 | 1 |
| Muut päällysrakenteet | 1 | 1 | 1 |
| Päällysteet | 1 | 11 | 1 |
| Muu pintarakenne | 1 | 1 | 1 |
| Kaiteet | 11 | 5 | 5 |
| Liikuntasaumalaitteet | 0 | 0 | 0 |
| Muut varusteet ja laitteet | 0 | 0 | 0 |
| Siltapaikan rakenteet | 0 | 0 | 0 |
| Summa | 31 | 20 | 9 |
| Poikkeamaluku (PL) | 0.33 | 0.21 | 0.10 |

2.4 Laatatavoitteet ja poikkeamaraportointi

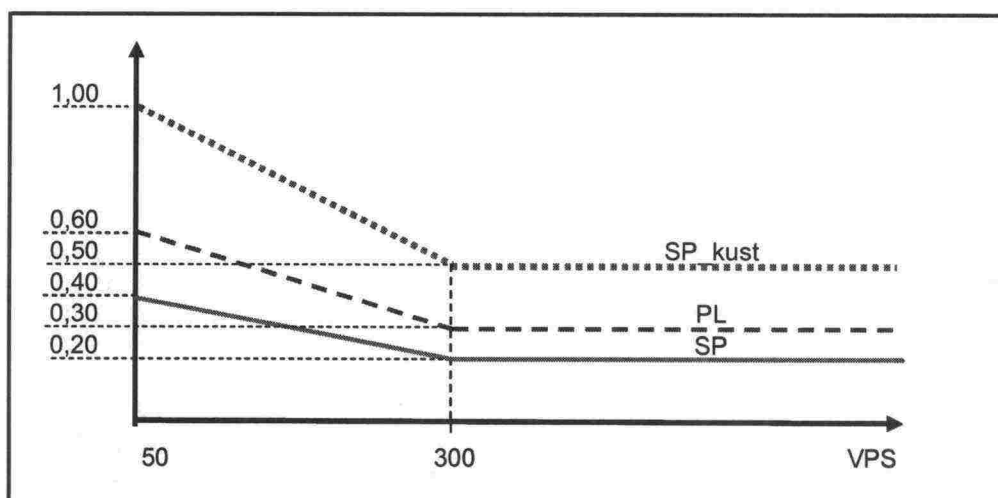
Siltojen yleistarkastusten poikkeamaraportointirajoja päivitettiin vuonna 2006. Uuden ohjeistuksen mukaisesti toimittajan laatuvaastaavan tulee toimittaa tilaajalle poikkeamaraportti, jos laadunmittauksessa yhdenkin yksittäisen tarkastajan

- vauriopisteiden poikkeamaluku (PL) ylittää arvon 0,60, kun VPS on 50, tai arvon 0,30, kun VPS on ≥ 300 , väliarvot interpoloidaan, tai
- vauriopisteiden suhteellinen poikkeama (SP) ylittää arvon 0,40, kun VPS on 50, tai arvon 0,20, kun VPS on ≥ 300 , väliarvot interpoloidaan, tai
- korjauskustannusten suhteellinen poikkeama (SP_kust) ylittää arvon 1,00, kun VPS on 50, tai arvon 0,50, kun VPS on ≥ 300 , väliarvot interpoloidaan (kuva 2). Enimmäisarvoja määrittäessä VPS:n arvoina käytetään Siltarekisterin 'Yksittäisen laadunmittauksen tulokset' -raportin 'Ka.' -arvoa.

Poikkeamaraportti laaditaan valmiille raporttipohjalle. Laadunmittauksen poikkeamaraportissa analysoidaan syyt poikkeamaan ja esitetään, miten vastaavat poikkeamat estetään vastaisuudessa. Laatuvaastaava toimittaa sen tilaajalle kahden viikon kuluessa siitä, kun hän on saanut laaturaportin.

Jos yksittäisen tarkastajan vauriopisteiden poikkeamaluku tai suhteellinen poikkeama ylittää edellä mainitun enimmäisarvon 1,5-kertaisena tai korjauskustannusten suhteellinen poikkeaman ylittää edellä mainitun enimmäisarvon 2-kertaisena kaksi kertaa saman tarkastuskauden aikana, on järjestettävä kaksi ylimääräistä laadunmittausta, joissa toimittajan kaksi muuta sillan-tarkastajaa tekee kontrollitarkastuksen kyseisen tarkastajan tekemille yleis-tarkastuksille.

Jos molemmissa ylimääräisissä laadunmittauksissa toistuu jokin edellisessä kappaleessa mainittu ylitys, toimittajan laatuvaastaavan on tarkistettava kaikkien kyseisen tarkastajan sillä tarkastuskaudella tekemien tarkastusten tulokset valokuvia apuna käyttäen ja järjestettävä tarkastajalle lisäkoulutusta. Tarkistettut sillat ja muutetut tarkastustulokset on raportoitava tilaajalle.



Kuva 2. Vauriopisteiden poikkeamaluvun (PL), vauriopisteiden suhteellisen poikkeaman (SP) ja korjauskustannusten suhteellisen poikkeaman (SP_kust) enimmäisarvot

2.5 Jatkokoulutuspäivä

Tiehallinto järjestää vuosittain sillantarkastajien jatkokoulutuspäivän, johon kaikkien yleistarkastuksia tekevien henkilöiden tulee osallistua. Koulutuspäivänä sillantarkastajat tarkastavat itsenäisesti yksi tai kaksi siltaa. Tarkastusten jälkeen esitetään mallivastaukset, keskustellaan tuloksista ja annetaan täydennyskoulutusta.

Jatkokoulutuspäivän tulokset eivät kuvaa siltöjen yleistarkastuksissa toteutunutta laatua, vaan ennemminkin tarkastajien laatutasoa. Tiepiireissä tehtävistä laadunmittauksista poiketen tarkastustilanne on kaikille sama ja vertailukohteena käytetään mallivastauksia. Näin ollen koulutuspäivä sopii hyvin tarkastajien keskinäiseen vertailuun. Lisäksi koulutuspäivä antaa mahdollisuuden suoraan palautteeseen, kouluttamiseen, tarkastustoiminnan kehittämiseen ja ohjaamiseen.

Koulutuspäivän tuloksia tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon, että:

- 1 koulutuspäivänä tarkastetut sillat edustavat vain pientä osaa mahdollisista siltatyypeistä,
- 2 tarkastuksiin on käytettävissä huomattavasti rajallisempi aika kuin tiepiirien yleistarkastuksissa ja
- 3 sillantarkastajat eivät kirjaa itse tuloksia siltarekisteriin, jolloin tietojen jälkitarkastus jää tekemättä.

Lisäksi koulutuspäivän tilanne saattaa vääristää tuloksia. Tarkastajien pyrkinessä parempaan tulokseen he saattavat poiketa tavanomaisista toimintatavoistaan.

2.6 Tiepiirikohtainen yleistarkastusten laadunmittaus

Laadunmittaukset tehdään tilauskohtaisesti tiepiirien tarkastusohjelmissa oleville silloille taulukon 3 mukaisesti.

Taulukko 3. Laadunmittausten lukumäärä

| Silltoja (kpl) | Laadunmittauksia (kpl) |
|----------------|------------------------|
| 1 - 100 | 2 |
| 101 - 300 | 3 |
| > 300 | 4 |

Laadunmittaus koostuu yleistarkastuksesta ja kahdesta myöhemmin tehtävästä kontrollitarkastuksesta. Laadunmittauksissa tarkastettavat sillat valitsee tilaaja, eli tiepiiri. Ensisijaisesti valitaan siltoja jotka toimittajan sillantarkastajat ovat jo tarkastaneet.

Laadunmittaukseen valittavan sillan VPS:n tulee olla vähintään 50. Jos toimittajan jo tarkastamia vauriopistesumman minimiehdon täyttäviä siltoja ei ole, valitsee tilaaja tarkastusohjelmaan kuuluvan sillan, jota ei vielä ole tarkastettu. Tällöin laadunmittaustarkastuksen tekee samalla kertaa kolme sillantarkastajaa.

Laadunmittauksessa toimittajan nimeämät sillantarkastajat tarkastavat sillan itsenäisesti tilaajan valvonnassa. Tarkastettavista silloista ei anneta etukä-

teisilmoitusta tarkastusten toimittajille. Lähtötietoina käytetään siltarekisterin vuodenvaihtotietokantaa. Rekisteritietojen tarkistuksia ei tehdä. Laadunmittauksen lopuksi tehdään yhteenveto ja tilaaja päivittää laadunmittaustiedot siltarekisteriin. Tarkastusten laatu todetaan Siltarekisterin laaturaportilla. Laadun mittareina toimivat vauriopisteiden poikkeamaluku, vauriopisteiden suhteellinen poikkeama ja korjauskustannusten suhteellinen poikkeama.

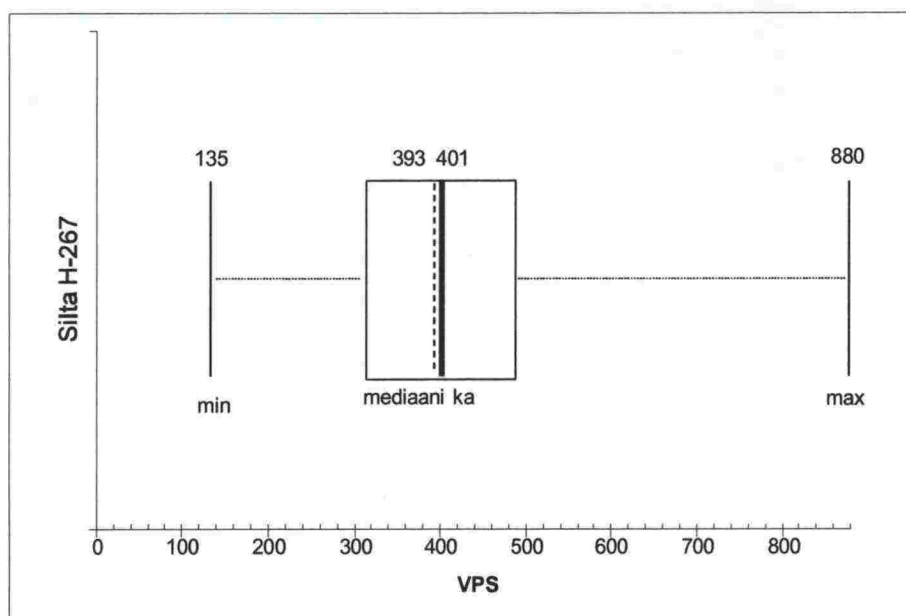
Koska kontrollitarkastukset kohdistuvat tarkastussuunnitelmien mukaisiin jo tarkastettuihin siltoihin, kuvaa tiepiireissä tehtävä laadunmittaus yleistarkastuksissa toteutunutta laatua. Näin ollen tiepiirikohtaisia laadunmittaustuloksia tulee käyttää ensisijaisena tietolähteenä sillantarkastusten laatua analysoitaessa.

3 JATKOKOULUTUSPÄIVÄN TULOKSET 2007

Vuoden 2007 jatkokoulutuspäivä järjestettiin 9.10.2007 Hämeen tiepiirissä. Koulutukseen osallistui yhteensä 52 sillantarkastajaa. Tarkastettavaksi oli valittu välttävässä kunnossa oleva, 1961 valmistettu Hakkilan teräsbetoninen jatkuva laattasilta.

Tarkastajien antamien vauriopistesummien jakauma on esitetty kuvassa 3. Vauriopistesummien mediaani on varsin lähellä kaikkien tarkastajien keskiarvoa. Vauriopisteet jakautuvat siten melko symmetrisesti keskiarvon ympärille.

Huomattavaa on, että tarkastajien silloille antamien vauriopistesummat poikkeavat melko paljon vastausten keskiarvosta. Yli puolet tarkastajien vauriopistesummista on kuvassa 3 esitetyn 174 vauriopistettä leveän suorakulmioiden ulkopuolella. Vaikka suurin ja pienin vauriopistesumma ovat varsin kaukana toisistaan (ja keskiarvosta) ei tarkastajajoukon vastauksista kuitenkaan voida erottaa selvästi poikkeavia arvoja (outlierien tunnistus Boxplot-menetelmällä).



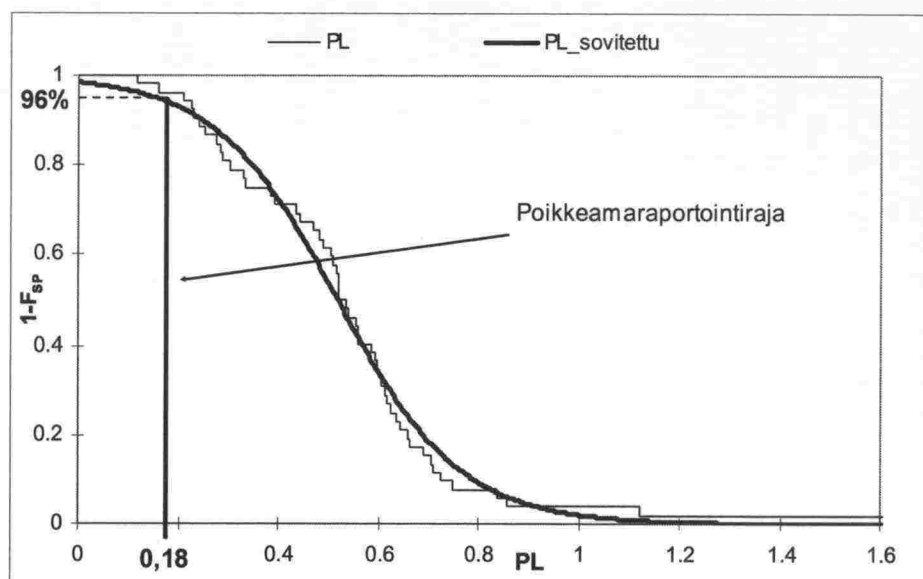
Kuva 3. Vauriopistesummien jakauma koulutuspäivillä 2007. Tuloksista 50 % jää suorakulmion sisälle.

Vauriopisteiden keskimääräiset poikkeamat otoskeskiarvoista on esitetty taulukossa 4. Vuonna 2007 suhteellinen poikkeama on ollut keskimääräistä tasoa. Vuosina 2005 ja 2006 tarkastajien vauriopisteiden hajonta on ollut hieman muita vuosia suurempaa.

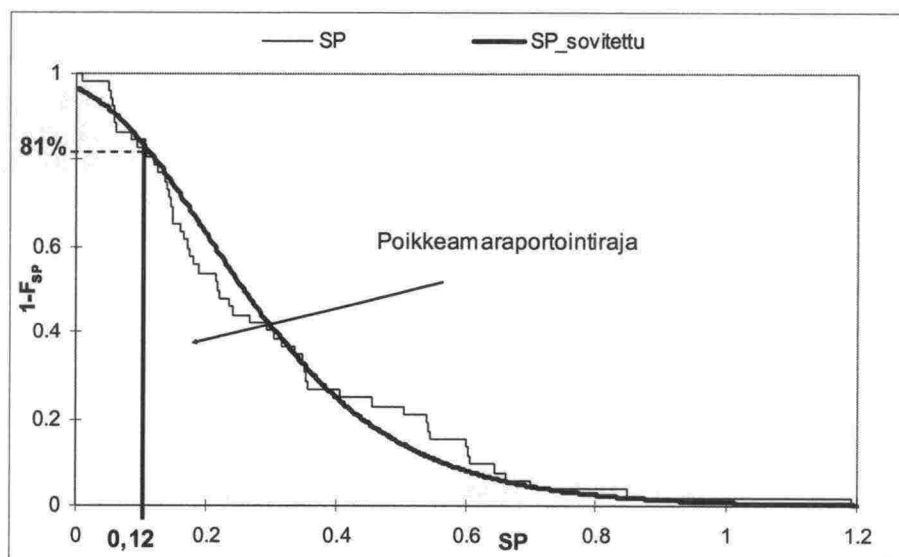
Taulukko 4. Vauriopisteiden keskimääräiset poikkeamat otoskeskiarvosta vuosina 2002 - 2007. Mallivastaukset on poistettu datasta.

| Vuosi | Silta nro | VPS ka | Suhteellinen poikkeama otoskeskiarvosta |
|-------|-----------|--------|---|
| 2007 | 267 | 401 | 30 % |
| 2006 | 699 | 322 | 41 % |
| 2005 | 364 | 366 | 46 % |
| 2004 | 270 | 512 | 36 % |
| 2004 | 528 | 169 | 35 % |
| 2003 | 347 | 385 | 31 % |
| 2003 | 1289 | 163 | 25 % |
| 2002 | 544 | 222 | 30 % |
| 2003 | 898 | 575 | 26 % |

Kuvassa 4 on esitetty vauriopisteisiin perustuvien poikkeamalukujen jakauma koulutuspäivänä 2007 laskevan kertymäfunktion (1-Fx) avulla. Käyrät kuvaavat vaak-akselilla esitettyjen poikkeamalukujen ylittäneiden tarkastusten suhteellista osuutta kaikista tarkastuksista. Koulutuspäivän tulokset on esitetty ohuella viivalla. Havainnollisuuden vuoksi aineistoon on tehty jakauma sovitusta, joka on kuvattu paksulla viivalla. Poikkeamalukuja laskettaessa kolmen mittauksen sijasta vertailuarvona on käytetty kaikkien tarkastusten keskiarvoa. Samaa käytäntöä on noudatettu myös vauriopisteisiin perustuvaa suhteellista poikkeamalukua laskettaessa (kuva 5).

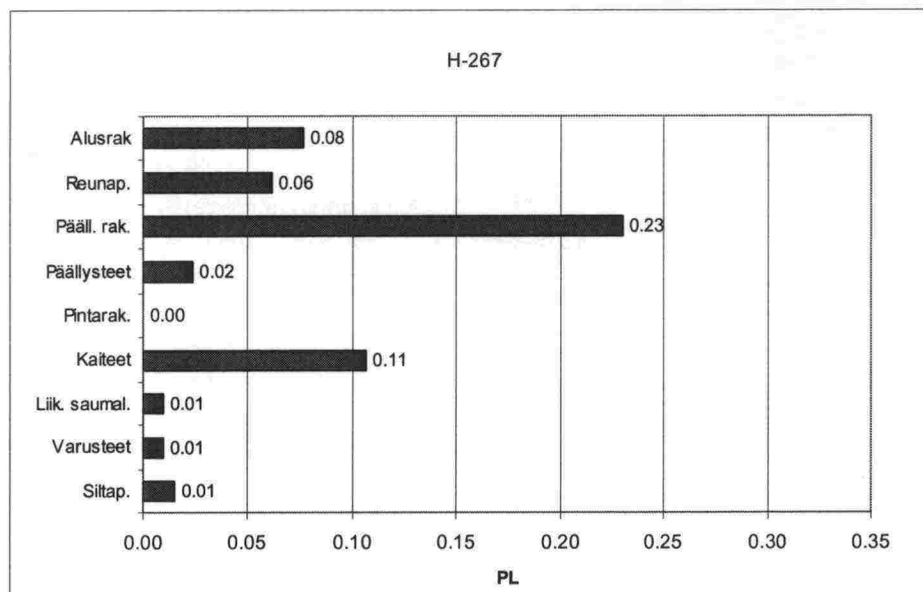


Kuva 4. Vauriopisteisiin perustuvan poikkeamaluvun ylittäneiden tarkastusten osuus poikkeamaluvun funktiona ($1-F_{PL}$), sekä aineistoon sovitettu jakauma.



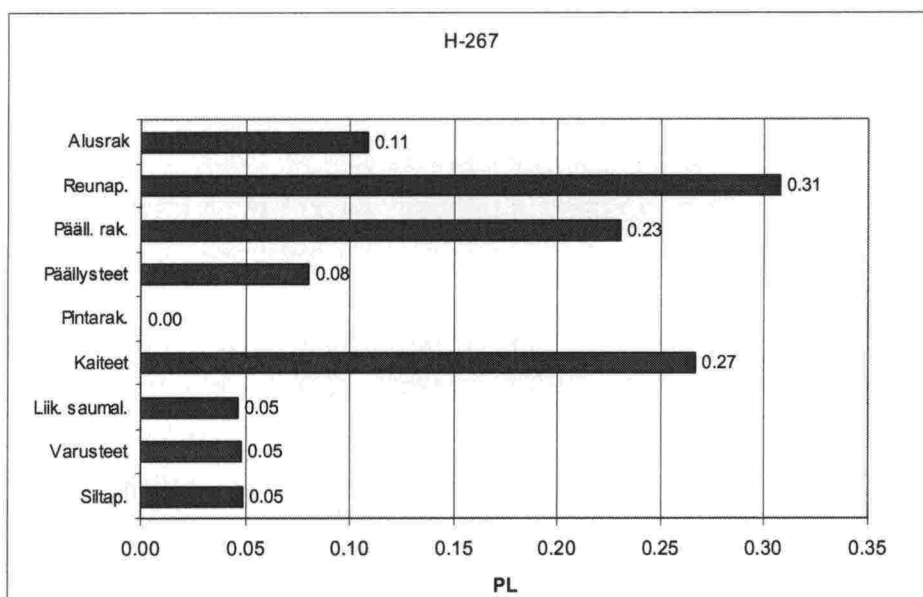
Kuva 5. Vauriopistesumman suhteellisen poikkeamaluvun ylittäneiden tarkastusten osuus suhteellisen poikkeaman funktiona ($1-F_{SP}$), sekä aineistoon sovitettu jakauma.

Kuvassa 6 on esitetty eri pääraakenneosien osuudet vauriopisteisiin perustuvista keskimääräisistä poikkeamaluista. Kuvan perusteella päällysrakenteen ja myös osin myös kaiteiden vaikutus poikkeamaluukuun on ollut suhteellisen suuri. Lukujen perusteella ei tule tehdä päätelmiä tarkastajien absoluuttisista virheistä eri rakenneosien osalla.



Kuva 6. Rakennekohtaiset poikkeamaluvut sillantarkastajien jatkokoulutuksessa 2007 (lukuja painotettu vauriopistesumman mukaisilla rakenneosien painokertoimilla).

Kuvassa 7 on esitetty pää rakenneosakohtaiset poikkeamaluvut ilman vauriopistesumman mukaisia painokertoimia. Lukujen (pylväiden) suhteet kuvaavat tarkastajien antamien arvioiden keskimääräistä absoluuttista poikkeamaa keskiarvosta eri rakenneosien osalla. Tarkastajien antamat arviot poikkesivat eniten reunapalkin, kaiteiden ja päällysrakenteen osalta. Muilta osin tarkastajien poikkeamat olivat pienempiä ja jakautuivat tasaisemmin eri rakenneosille.



Kuva 7. Rakennekohtaiset poikkeamaluvut ilman painokertoimia sillantarkastajien jatkokoulutuksessa 2007.

Aiempiin vuosiin verrattuna vuoden 2007 jatkokoulutuspäivän tulokset edustavat vauriokirjauksien osalta keskimääräistä tai sitä hieman parempaa tasoa (taulukko 5). Vauriopisteiden poikkeamaluku on pysynyt lähes ennallaan ja vauriopisteiden suhteellinen poikkeama on pienentynyt vuosien 2002 ja 2003 tasolle. Vauriopisteiden poikkeamaluvusta ja suhteellisesta poikkeamasta aiheutuneiden poikkeamaraporttien osuudet ovat hieman keskimääräistä suurempia.

Korjauskustannuksia koskevien arvioiden osalta vuoden 2007 tulokset ovat tarkastelujakson laadukkaimpia (taulukko 5). Vuoden 2007 korjauskustannusten poikkeamaluku ja suhteellinen poikkeama ovat selvästi aiempia vuosia pienempiä ja myös korjauskustannusten suhteellisesta poikkeamasta aiheutuneiden poikkeamaraporttien osuus on keskimääräistä pienempi.

Koska koulutuspäivänä tarkasteltavat sillat poikkeavat toisistaan vuosittain, antavat keskimääräiset tunnusluvut vain viitteellistä tietoa laadun kehityksestä.

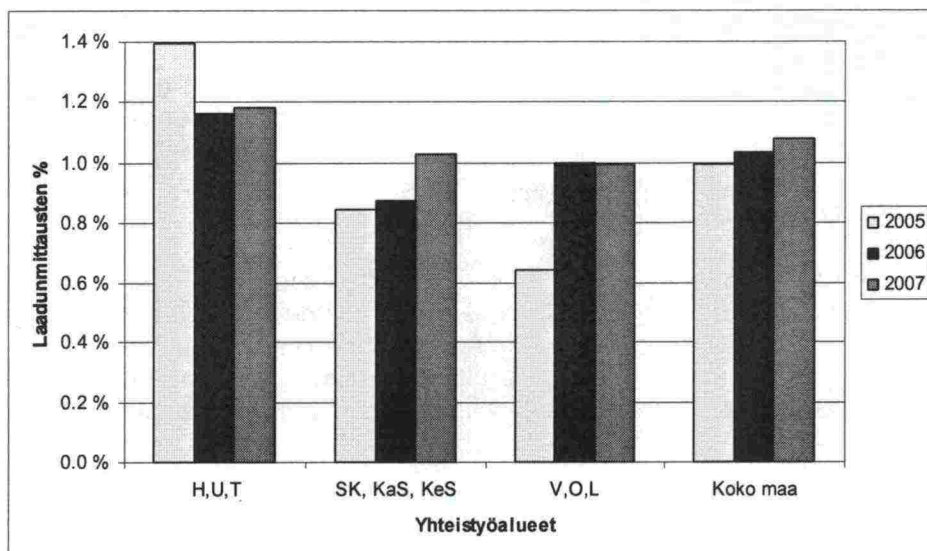
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Vauriopisteiden poikkeamaluku (PL) | 0.48 | 0.50 | 0.50 | 0.60 | 0.53 | 0.53 |
| Vauriopisteiden suhteellinen poikkeama (SP) | 0.28 | 0.28 | 0.36 | 0.46 | 0.41 | 0.30 |
| Korjauskustannusten poikkeamaluku (PL_kust) | 1.00 | 0.77 | 0.70 | 1.25 | 1.56 | 0.68 |
| Korjauskustannusten suhteellinen poikkeama (SP_kust) | 0.63 | 0.40 | 0.35 | 1.09 | 1.43 | 0.32 |
| Vauriopisteiden poikkeamaluvusta aiheutuneiden poikkeamaraporttien osuus | 84 % | 75 % | 83 % | 97 % | 73 % | 96 % |
| Vauriopisteiden suhteellisesta poikkeamasta aiheutuneiden poikkeamaraporttien osuus | 73 % | 49 % | 71 % | 85 % | 64 % | 81 % |
| Korjauskustannusten suhteellisesta poikkeamasta aiheutuneiden poikkeamaraporttien osuus | 69 % | 25 % | 45 % | 80 % | 90 % | 54 % |

Taulukko 5. Jatkokoulutuspäivän tulosten kehitys vuosina 2002 – 2007. Poikkeamaraporttien osuudet on laskettu vuoden 2007 poikkeamaraportointirajoilla. Tuloksista on poistettu mallivastaukset.

4 YLEISTARKASTUSTEN LAADUNMITTAUKSET

Vuonna 2007 tiepiireissä tehtiin yhteensä 30 laadunmittausta: HUT-yhteistyöalueella 13 kpl, KSK -yhteistyöalueella 10 kpl ja VOL-yhteistyöalueella 7 kpl.

Laadunmittausten suhteellinen osuus on kasvanut tasaisesti vuodesta 2005. Vuonna 2007 keskimääräinen laadunmittausprosentti oli 1,1 %. Yleistarkastusten lukumäärään verrattaessa suhteellisesti eniten laadunmittauksia tehtiin HUT-yhteistyöalueella. (kuva 8).



Kuva 8. Laadunmittausten lukumäärä tiepiireittäin.

4.1 Laadunmittausten kohdistuminen

Taulukossa 6 on esitetty siltöjen yleistarkastusten ja laadunmittausten suhteelliset osuudet sillan rakennusmateriaalin mukaan. Yleistarkastusten laadunmittauksen kannalta laadunmittausprosentti tulisi olla lähellä keskiarvoa kaikilla silloilla rakennusmateriaalista riippumatta. Vuoden 2007 laadunmittausten jakauma vastaa melko hyvin tehtyjä yleistarkastuksia. Huomattavaa kuitenkin on, että vuosina 2005 – 2007 putkisilloille ei tehty yhtään laadunmittausta. Lisäksi betonisilloilla on systemaattisesti suurempi osuus laadunmittauksissa kuin yleistarkastuksissa.

Taulukko 6. Sillantarkastusten ja laadunmittausten kohdistuminen sillan rakennusmateriaalin perusteella vuosina 2005 – 2007.

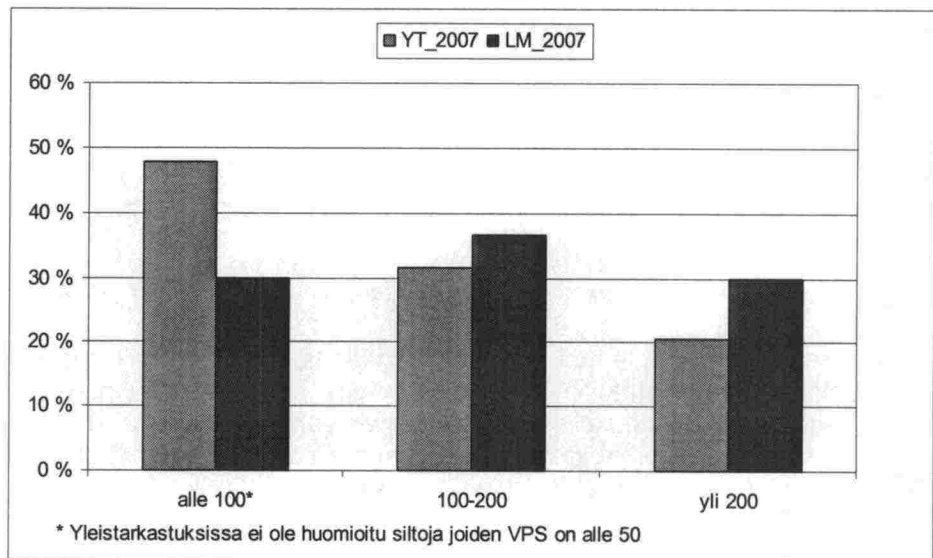
| Vuosi / Siltatyyppi | Yleistarkastukset | | | Laadunmittaukset | | | Laadunmittausprosentti | | |
|------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|------------------|---------------|---------------|------------------------|--------------|--------------|
| | 2005 | 2006 | 2007 | 2005 | 2006 | 2007 | 2005 | 2006 | 2007 |
| Teräs | 6.6 % | 5.4 % | 5.7 % | 11.1 % | 11.1 % | 6.7 % | 1.7 % | 2.1 % | 1.3 % |
| Betoni | 69.4 % | 70.7 % | 71.2 % | 88.9 % | 81.5 % | 83.3 % | 1.3 % | 1.2 % | 1.3 % |
| Puu | 4.7 % | 4.9 % | 4.5 % | 0.0 % | 7.4 % | 6.7 % | 0.0 % | 1.6 % | 1.6 % |
| Putki | 18.0 % | 17.8 % | 16.9 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| Kivi | 1.3 % | 1.1 % | 1.6 % | 0.0 % | 0.0 % | 3.3 % | 0.0 % | 0.0 % | 2.2 % |
| Yhteensä | 2715 kpl | 2616 kpl | 2785 kpl | 27 kpl | 27 kpl | 30 kpl | 1.0 % | 1.0 % | 1.1 % |

Edustavuuden lisäksi otoksen valintaa voidaan perustella myös muilla tekijöillä, kuten

1. Osuus korjaushankkeista: laatutieto kuvaa pääasiassa siltoja joihin tul-
laan kohdistamaan toimenpiteitä.
2. Kustannuskysymykset: painotetaan siltoja korjaus- ja ylläpitokustannus-
ten mukaan.
3. Merkitys liikenteelle ja tienkäyttäjille.
4. Satunnaisuus: otos valitaan satunnaisesti. Eri tekijöiden vaikutukset
huomioidaan tilastomatematisin keinoin.

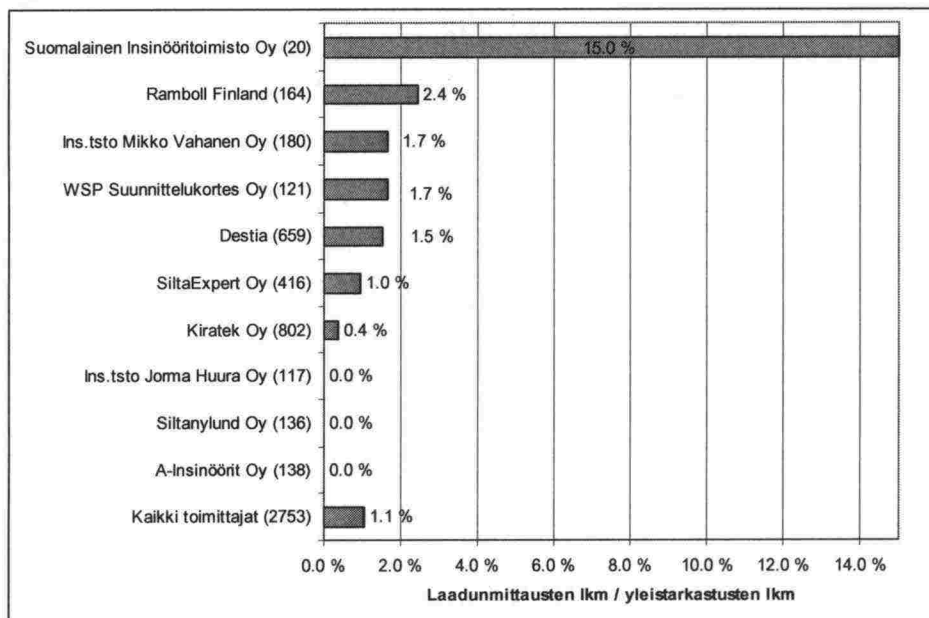
Huomattavaa on, että otoksen valinnalla voidaan vaikuttaa laadunmittauksen tuloksiin. Näin ollen valintakriteereihin ja tulosten tulkintaan tulee kiinnittää erityistä huomiota. Vuoden 2007 laadunmittauksen tulokset kuvaavat ennen kaikkea betoni- ja terässiltojen yleistarkastusten laatua.

Laadunmittausten kohdistumista voidaan tarkastella myös sillan kunnon perusteella (kuva 9). Siltojen yleistarkastusten laatuvaatimusten mukaan laadunmittaustarkastuksiin valittavien siltojen vauriopistesumma tulee olla vähintään 50. Vuoden 2007 laadunmittauksissa selvästi vaurioituneiden siltojen (VPS yli 200) suhteellinen osuus oli hieman suurempaa kuin yleistarkastuksissa. Vastaavasti vähän vaurioita sisältäville siltojen (VPS alle 100) suhteellinen osuus laadunmittauksissa oli pienempi kuin vastaavan ryhmän osuus yleistarkastuksissa.



Kuva 9. Yleistarkastusten ja laadunmittausten jakaumat vauriopistesumman mukaan vuonna 2007.

Huomattavaa on, että silloille tehty laadunmittaukset eivät jakaannu toimitajille tehtyjen yleistarkastusten suhteessa (kuva 10). Etenkin Suomalaisen insinööritoimisto Oy:n ja Ramboll Finland Oy:n laadunmittausprosentit ovat huomattavan korkeita. Sitä vastoin Insinööritoimisto Jorma Huuran, siltanylund Oy:n ja A-Insinöörit Oy:n tarkastamille silloille ei tehty yhtään yleistarkastusta. Myös Kirartek Oy:n laadunmittausprosentti on huomattavan pieni, varsinkin jos otetaan huomioon tehtyjen yleistarkastusten määrä.



Kuva 10. Eri toimittajien tarkastamien siltojen laadunmittausprosentit vuonna 2007. Tehtyjen yleistarkastusten määrä on esitetty suluissa.

Taulukossa 7 on esitetty eri toimittajien tekemien laadunmittauksiin liittyvien tuotantomittausten ja kontrollimittausten kokonaismäärä ja sen suhde toimittajan tekemiin yleistarkastuksiin. Erot toimittajien välillä ovat suuria. Huomattavaa on, että A-insinöörit Oy:n ja Insinööritoimisto Jorma Huura Oy:n tarkastajat eivät ole osallistuneet laadunmittauksiin vuonna 2007.

Taulukko 7. Toimittajien tekemien yleistarkastusten ja laadunmittauksiin liittyvien tuotanto- ja kontrollitarkastusten lukumäärä. Erot toimittajien välillä ovat huomattavia.

| Toimittaja | YT | YTLM + KT | % |
|----------------------------------|-----|-----------|--------|
| Suomalainen Insinööritoimisto Oy | 20 | 6 | 30.0 % |
| Siltanylund Oy | 136 | 8 | 5.9 % |
| Ins.tsto Mikko Vahnen Oy | 180 | 9 | 5.0 % |
| SiltaExpert Oy | 416 | 18 | 4.3 % |
| Destia | 659 | 28 | 4.2 % |
| Ramboll Finland | 164 | 6 | 3.7 % |
| WSP Suunnittelukortet Oy | 121 | 4 | 3.3 % |
| Kiratek Oy | 802 | 17 | 2.1 % |
| A-Insinöörit Oy | 138 | 0 | 0.0 % |
| Ins.tsto Jorma Huura Oy | 117 | 0 | 0.0 % |

YT = yleistarkastusten lukumäärä vuonna 2007
YTLM + KT = Laadunmittauksiin liittyvien tuotantomittausten ja kontrollimittausten
% = (YTLM + KT / YT)

4.2 Koko maan tulokset

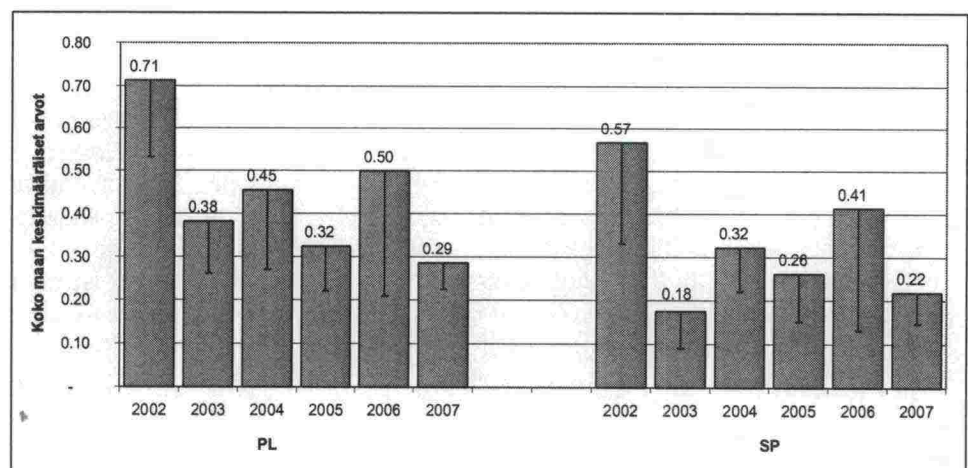
Tunnuslukujen keskimääräiset arvot

Kuvassa 11 on esitetty vauriopisteisiin perustuvien poikkeamaluvin ja suhteellisen poikkeaman kehitys vuosina 2002 - 2007. Kuvan perusteella siltojen yleistarkastusten laatu on parantunut selvästi tarkasteluajanjaksona aikana. Vauriopisteisiin perustuva keskimääräinen poikkeamaluku ja suhteellinen poikkeama ovat pienentyneet alle puoleen vuodesta 2002.

Vuoden 2004 ja 2006 keskimääräisiä arvoja nostaa selvästi muista mittauksista poikkeavat yksittäiset havainnot. Tässä mielessä keskimääräiset luvut eivät kuvaa hyvin kaikkia mittaustuloksia. Koska mediaani ei ole herkkä poikkeaville mittaustuloksille, antaa se keskimääräisiä tuloksia luotettavamman kuvan laadun kehityksestä. Myös mediaanien perusteella tarkastusten laatu on parantunut vuodesta 2002 ja lisäksi voidaan todeta, että laadunkehitys on tasaantunut vuoden 2005 tasolle.

Mielenkiintoinen yksityiskohta on, että keskimääräisessä poikkeamaluvin ja suhteellisessa poikkeamassa erottuvat vuosien 2004 ja 2006 suuremmat arvot osuvat ajallisesti yhteen sillantarkastuskäsikirjaan tehtyjen uudistusten kanssa. Saattaa olla, että ohjeistukseen tehdyt muutokset ovat aluksi lisänneet poikkeamia tarkastajien välillä. Tosin ilmiö voi yhtä hyvin olla myös satuman tulosta.

Vuoden 2007 vauriopisteiden keskimääräinen suhteellinen poikkeama on edelleen melko suuri (0,22). Poikkeamaluvin perusteella vauriokirjausten hajonta rakennetasolla on vielä huomattavasti suurempaa kuin siltatasolla, jossa eri rakennneosissa tehdyt virheet osittain kumoavat toisiaan. Luotettavien kuntoarvioiden saavuttamiseksi tulee laadunkehitystä edelleen jatkaa.

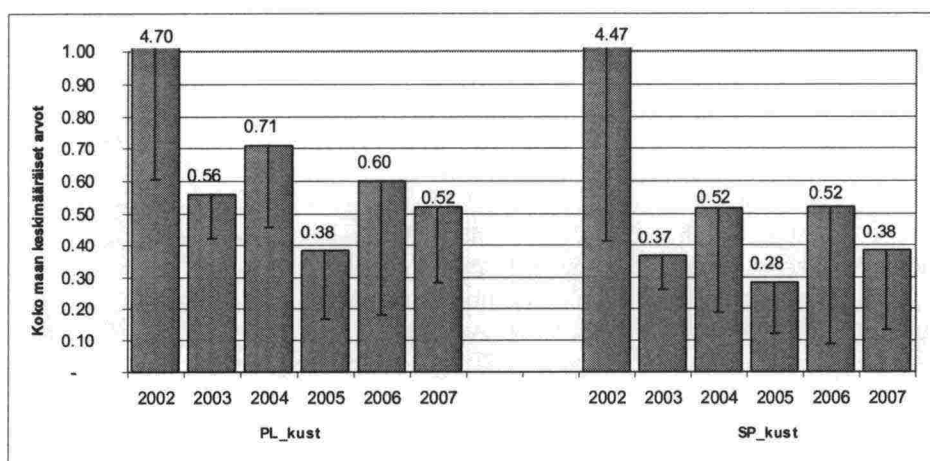


Kuva 11. Keskimääräiset vauriopisteiden PL ja SP vuosina 2002 - 2007.

Kuvassa 12 on esitetty kustannusarvioihin perustuvien keskimääräisten poikkeamaluvin ja suhteellisen poikkeaman kehitys vuosina 2002 - 2007. Poikkeamalukujen keskimääräiset arvot ovat pienentyneet selvästi vuodesta 2002, mutta nousseet hieman vuoden 2005 jälkeen.

Vaikka selvästi muista poikkeavat mittaustulokset dominoivat keskimääräisiä laadunmittaustuloksia, yksin omaan siltarekisterin tietojen perusteella ei ole syytä jättää kyseisiä lukuja tarkastelun ulkopuolelle. Ts. ei voida olettaa, että kyseiset poikkeamat olisivat tunnusomaisia vain laadunmittauksille ja ettei vastaavia poikkeamia löytyisi samassa suhteessa kaikista siltöjen yleistarkastuksista.

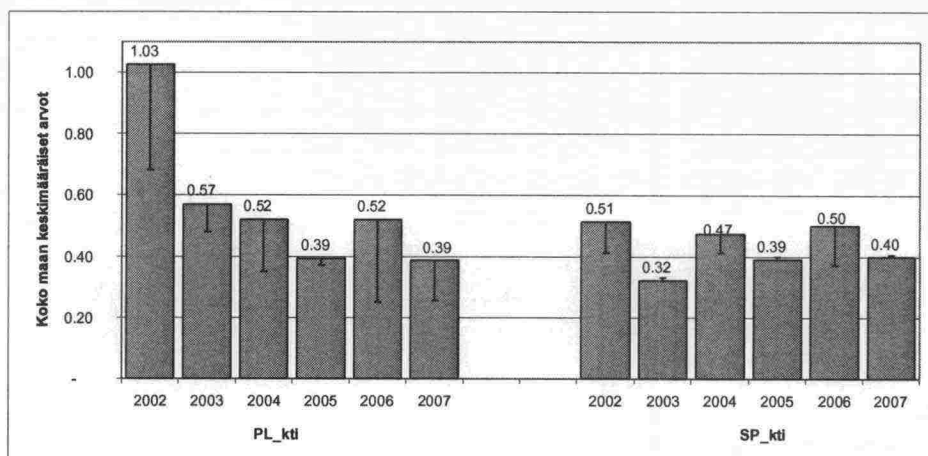
Positiivisesta kehityksestä huolimatta korjauskustannusten laatu on edelleen heikkoa. Tämän vuoksi kustannusarvioihin tulee suhtautua varauksella ja yksittäisiä lukuja tulee pitää vain suuntaa-antavina.



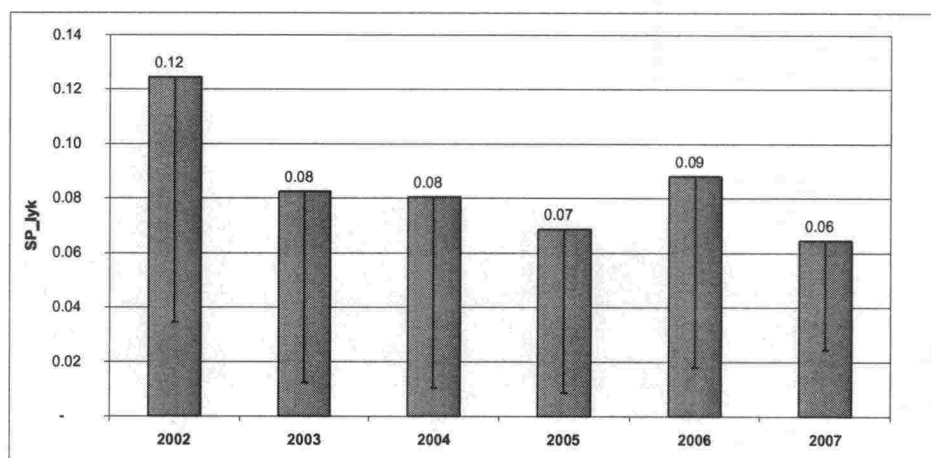
Kuva 12. Keskimääräiset korjauskustannusten poikkeamaluku (PL_kust) ja suhteellinen poikkeama (SP_kust) vuosina 2002 – 2007.

Kuvassa 13 on esitetty korjaustarveindeksiin (KTI) perustuvat poikkeamaluvut ja suhteelliset poikkeamat vuosina 2002 - 2007. Tunnuslukujen kehitys vastaa karkeasti ottaen vauriopisteisiin perustuvien tunnuslukujen kehitystä samalla ajanjaksolla. KTI:iin perustuvat tunnusluvut antavat kuitenkin hieman vauriopisteisiin perustuvia poikkeamalukua ja suhteellista poikkeamaa suuremmat arvot ja lisäksi KTI:iin perustuvien tunnuslukujen mediaanit ja keskiarvot ovat lähempänä toisiaan kuin VPS:ään perustuvilla tunnusluvuilla. Edellä olevan perusteella rakenneseosien kuntoarviot, joilla on pieni painokerroin VPS:ssä sisältävät keskimääräistä enemmän virhettä. Ilmiö on jokseenkin odotettava, sillä tarkastustoimintaa ohjataan pääasiassa vauriopisteisiin perustuvilla tunnusluvuilla.

Koska VPS on tärkein yksittäinen siltöjen ylläpidon ohjauksessa ja ohjelmoinnissa käytettävä tunnusluku ja vauriopisteisiin ja korjaustarveindeksiin pohjautuvat laadunmittarit eivät vuoden 2002 - 2007 tulosten osalta johda oleellisesti eriäviin päätelmiin siltöjen yleistarkastusten laadusta rajataan tarkastelu jatkossa lähinnä VPS:ään perustuviin tunnuslukuihin.



Kuva 13. Keskimääräinen PL_kti ja SP_kti vuosina 2002 – 2007.



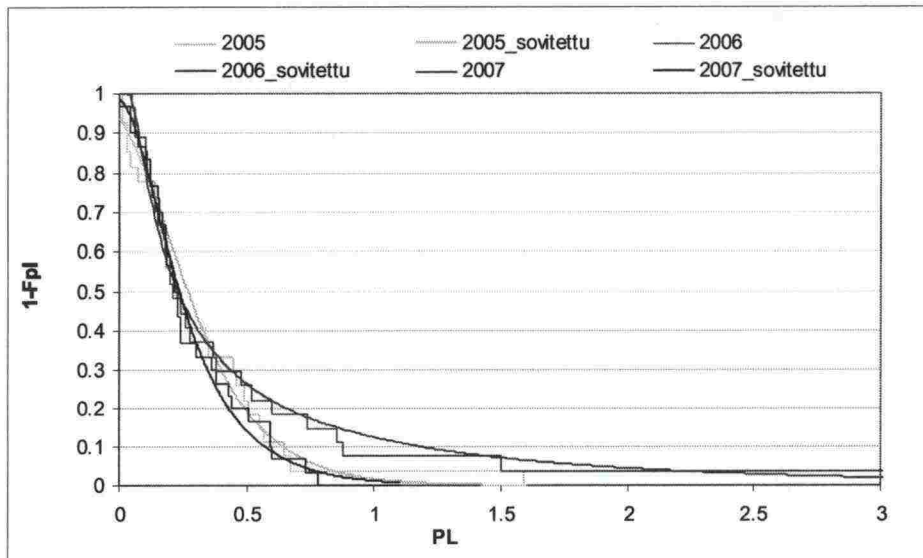
Kuva 14. Keskimääräinen SP_lyk vuonna 2002 – 2007.

Yleiskuntoarvioiden keskimääräinen suhteellinen poikkeama on puolittunut vuodesta 2002 (kuva 14). Poikkeamien mediaanien on kuitenkin hieman kasvanut vuoden 2003 tasosta. Vauriopisteiden ja korjaustarveindeksin suhteellisiin poikkeamiin verrattuna luvut ovat joka tapauksessa huomattavan pieniä. Lasketun yleiskunnon keskimääräistä 6 %:n suhteellista poikkeamaa vuonna 2007 voidaankin pitää jo varsin tyydyttävä tuloksena. Laadunmittausten perusteella tarkastajien antamat yleiskuntoarviot ovat huomattavasti vauriopisteisiin perustuvia arvioita luotettavampia.

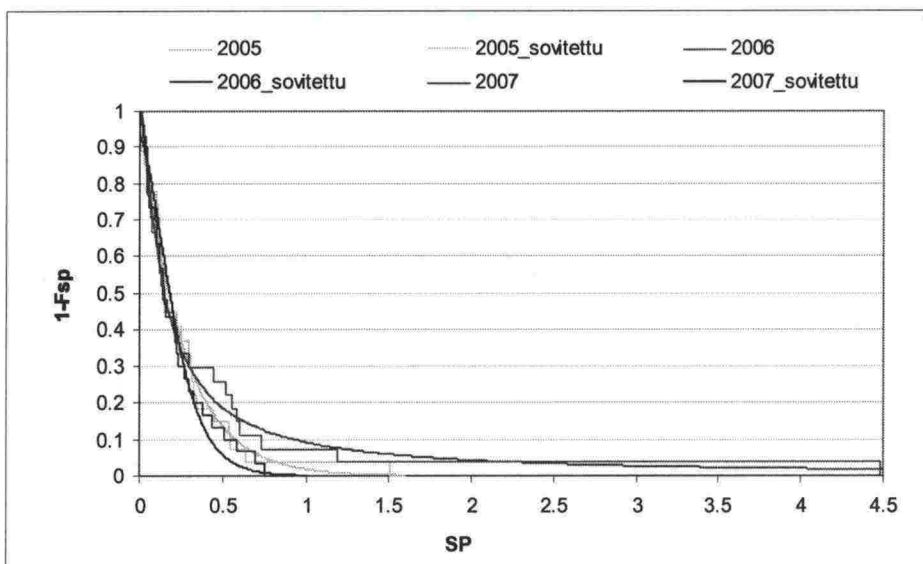
Tunnuslukujen jakaumat

Kuvassa 15 on esitetty vauriopisteisiin perustuvien poikkeamalukujen jakaumat laskevien kertymäfunktioiden ($1-F_x$) avulla silloille. Käyrät kuvaavat vaaka-akselilla esitettyjen poikkeamalukujen ylittäneiden tarkastusten suhteellista osuutta kaikista tarkastuksista. Laadunmittausten tulokset on esitetty ohuilla viivoilla. Havainnollisuuden vuoksi aineistoon on sovitettu jakaumat, jotka on esitetty paksuilla viivoilla.

Vauriopisteiden poikkeamalukujen perusteella yleistarkastusten laatu on parantunut vuodesta 2005 ja 2006 (kuva 15). Erityisesti selvästi poikkeavien tarkastusten osuus on pienentynyt. Vuoteen 2005 verrattaessa muutos ei tosin ole kovin suuri. Sama kehitys voidaan havaita myös vauriopisteiden suhteellisen poikkeamanluvun kohdalla (kuva 16).



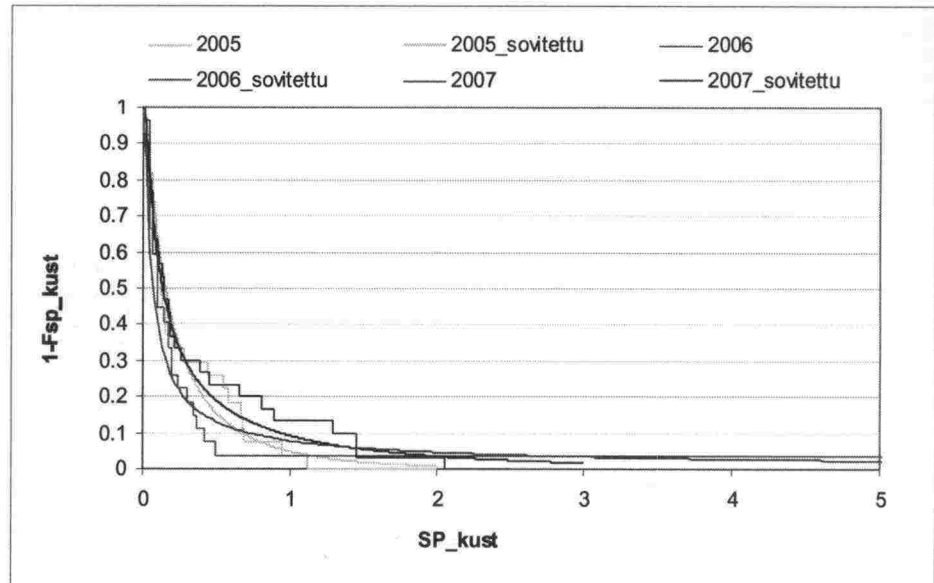
Kuva 15. Vauriopisteisiin perustuvan poikkeamaluvun ylittäneiden tarkastusten osuus poikkeamaluvun funktiona ($1-F_{PL}$). Aineistoon sovitetut jakaumat on kuvattu paksuilla viivoilla.



Kuva 16. Vauriopisteisiin perustuvan suhteellisen poikkeamaluvun ylittäneiden tarkastusten osuus suhteellisen poikkeaman funktiona ($1-F_{SP}$). Aineistoon sovitetut jakaumat on kuvattu paksuilla viivoilla.

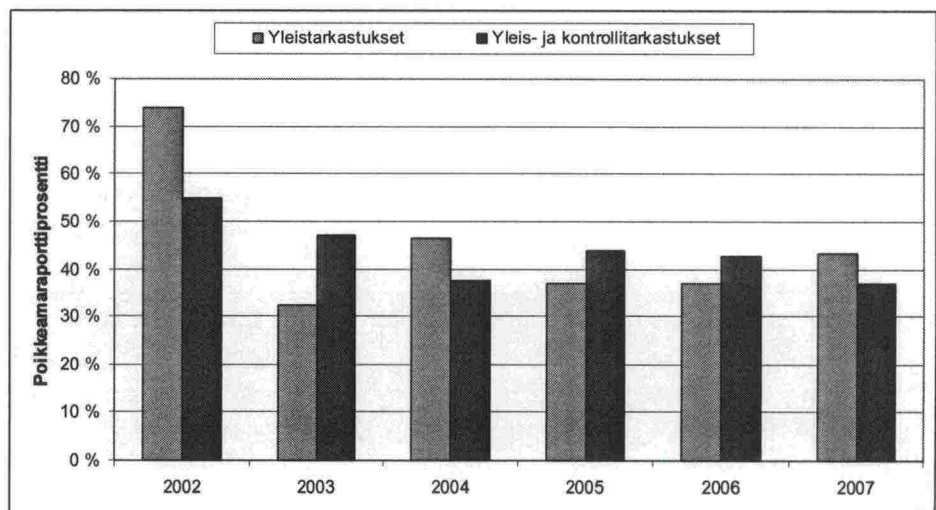
Kuvassa 17 on esitetty korjauskustannusten suhteellisten poikkeamalukujen jakaumat laskevien kertymäfunktioiden avulla. Kuvan perusteella korjaus-

kustannusarvioiden laatu ei ole parantunut vuodesta 2005 ja 2006. Selvästi poikkeavien korjauskustannusarvioiden osuus on tosin pienentynyt vuodesta 2006, mutta 50 % - 150 % suuruisten suhteellisten poikkeamien osuus on samanaikaisesti kasvanut vuoteen 2006 ja 2005 verrattuna. Koska havaintojen lukumäärä on pieni, vaihtelut vuosien välillä ovat odotettavia.



Kuva 17. Korjauskustannusten suhteellisen poikkeamaluvin ylittäneiden tarkastusten osuus suhteellisen poikkeaman funktiona ($1-F_{SP}$). Aineistoon sovitettuja jakaumia on kuvattu paksuilla viivoilla.

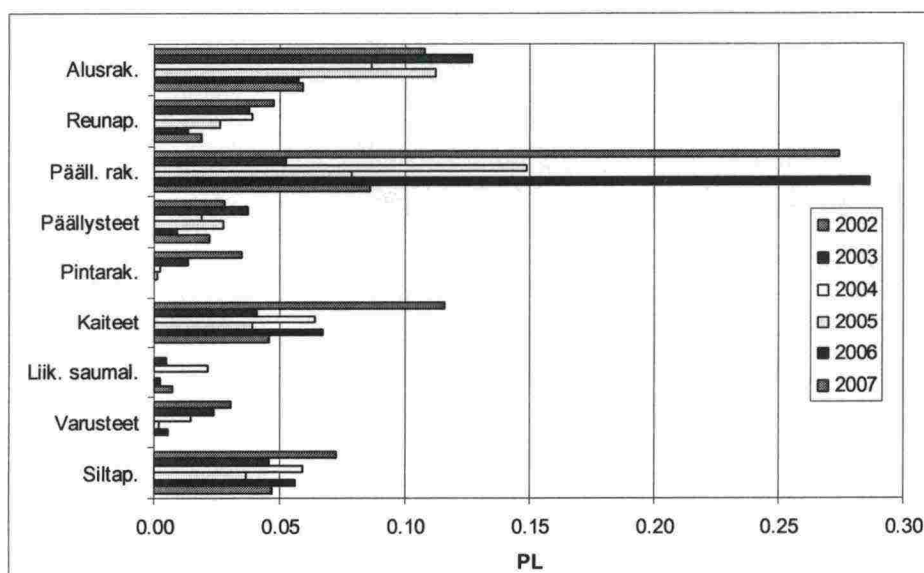
Kuvassa 18 on esitetty poikkeamaraporttiprosentin (tarkastukset joista tehty poikkeamaraportti / tehdyt tarkastukset) kehitys vuosina 2002 – 2007. Vuoden 2003 jälkeen poikkeamaraporttien suhteellinen osuus on pysynyt samalla tasolla. Poikkeamaraporttiprosentti on edelleen huomattavan suuri.



Kuva 18. Poikkeamaraportointiprosentin kehitys vuosina 2002 - 2007. Luvut on laskettu vuoden 2007 poikkeamaraportointirajoilla.

Poikkeamaluvut rakenneosittain

Kuvassa 19 on esitetty eri pää rakenneosien osuudet vauriopisteisiin perustuvista keskimääräisistä poikkeamaluvuista. Vuonna 2007 eniten poikkeamaa aiheuttivat alusrakenteista ja päällysrakenteista tehdyt kuntoarviot. Pintarakenteista ja varusteista aiheutuvat poikkeamat ovat pienentyneet vuosittain ja vuonna 2007 ne eivät enää juuri vaikuttaneet vauriopisteiden poikkeamalukuihin.



Kuva 19. Rakenneosakohtaiset vauriopisteisiin perustuvat poikkeamaluvut.

Tarkastustiedon muodollinen tarkastus

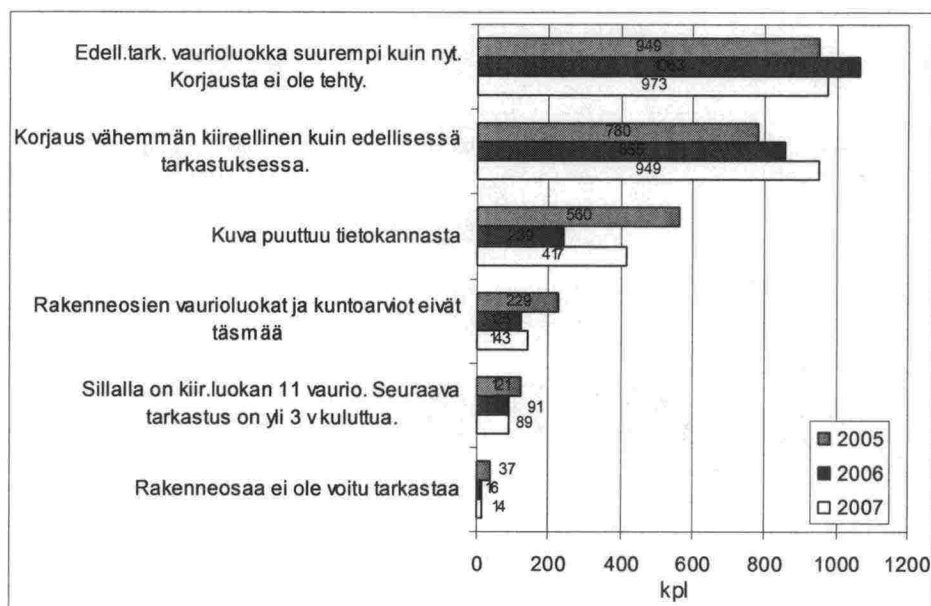
Puutteellisten tietojen ja muodollisten virheiden lukumäärä tarkastusta kohden on pysynyt vuoden 2006 tasolla, mutta muodollisia virheitä ja puutteita sisältäneiden tarkastusten osuus on kasvanut (taulukko 8). Pidemmällä aikavälillä tarkasteltaessa puutteellisten tietojen ja muodollisten virheiden määrä on pienentynyt, mutta puutteiden ja virheiden lukumäärä on edelleen huomattavan suuri.

Taulukko 8. Puutteellista tietoa tai muodollisia virheitä sisältäneiden tarkastusten osuudet vuosina 2002 - 2007.

| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Yleistarkastusten lkm | 2590 | 2756 | 2477 | 2715 | 2616 | 2785 |
| Tarkastukset joiden tiedoissa puutteita | 62 % | 59 % | 47 % | 44 % | 39 % | 45 % |
| Puutteiden lkm/tarkastus | 1.5 | 1.5 | 1.1 | 1.0 | 0.9 | 0.9 |

Tärkeimmät tarkastustietojen muodollisten virheiden syyt on esitetty kuvassa 20. Kuvan perusteella keskeisimmät muodollisia virheitä aiheuttaneet syyt eivät ole muuttuneet tarkastelujakson aikana.

Huomattavaa on, että muodollisia virheitä sisältäneiden tarkastusten osuus ei kuvaa yksikäsitteisesti rekisteritietojen laatua. Myös virheetön tarkastustieto voi sisältää siltarekisterissä raportoitavia muodollisia virheitä, sillä raporttien tarkoitus on virheiden tunnistamisen lisäksi myös kehottaa tarkastamaan ja varmistamaan rekisteriin tehdyt kirjaukset.



Kuva 20. Tärkeimmät sillantarkastustietojen puutteet ja muodolliset virheet vuonna 2005 - 2007.

4.3 Tarkastajakohtaiset tulokset

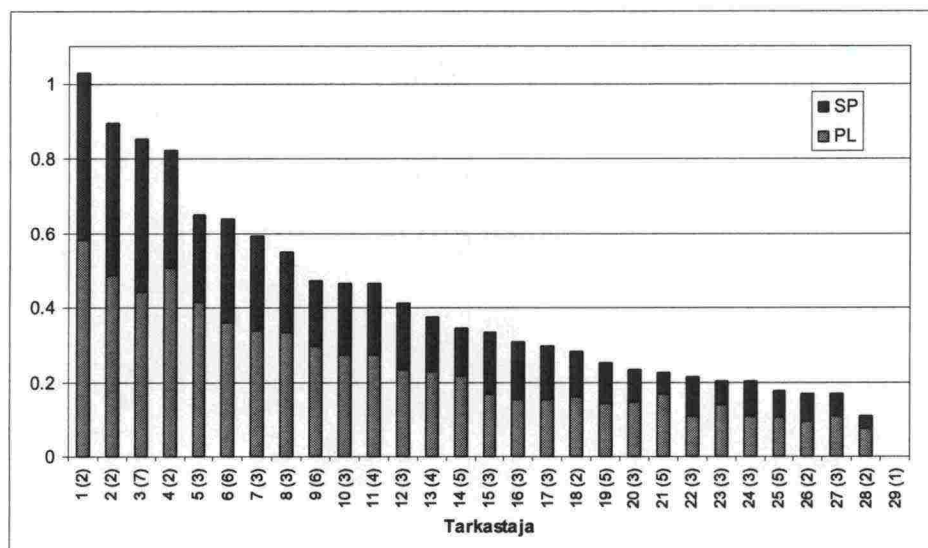
Tiepiireissä tehdyillä laadunmittauksilla saadaan esille tarkastajia, joiden toiminnassa on ongelmia. Koska laadunmittauksia tehdään vain pienestä osasta tarkastuksia ja mallivastauksia ei ole saatavilla, tiepiireissä tehdyillä mittauksilla ei voida selvittää yksikäsitteisesti parhaita tai huonoimpia tarkastajia. Mitä todennäköisimmin kaikki tarkastajat tekevät jossain määrin myös huonolaatuisia tarkastuksia. Näin ollen selvästi poikkeavien tarkastusten esiintyminen laadunmittauksessa on aina jossain määrin sattumanvaraista ja vaatii siten jatkoseurantaa.

Kuvissa 21 ja 22 on esitetty tiepiireissä tehtyjen laadunmittausten tarkastajakohtaiset keskimääräiset tulokset vuonna 2007. Tarkastajien välillä voidaan havaita huomattavia eroja. Kustannusarvioista laskettujen tunnuslukujen perusteella tarkastaja 18 erottuu selvästi muista tarkastajista. Vauriopisteistä laskettujen tunnuslukujen kohdalla yksikään tarkastaja ei erotu selvästi muusta joukosta.

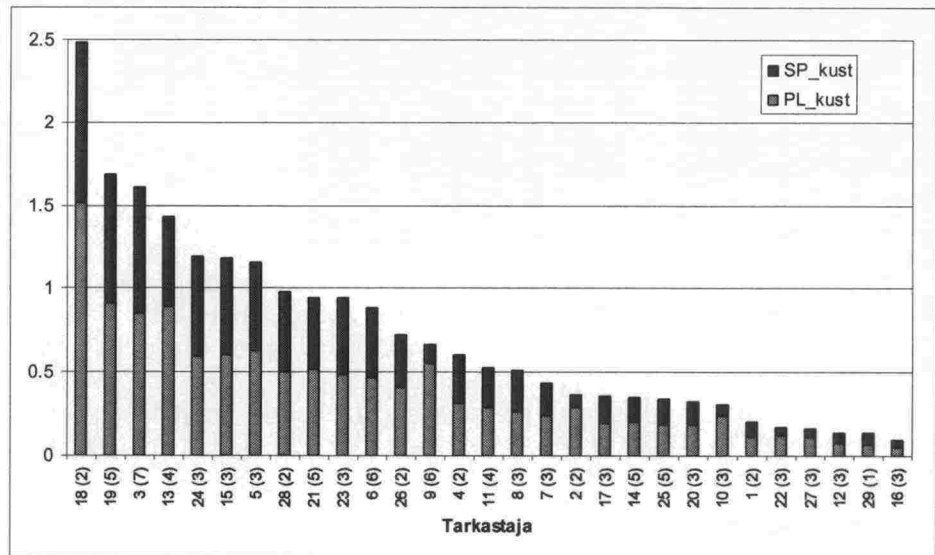
Laadunmittaustulosten perusteella tarkastajien antamien kustannusarvioiden ja niitä vastaavien kuntoarvioiden välillä ei ole selvää yhteyttä. Suurin kus-

tannusarvioihin perustuva poikkeamaluku ja suhteellinen poikkeama esiintyi tarkastajalla, jonka vauriopisteisiin perustuvat poikkeamaluvut ja suhteelliset poikkeamat olivat keskimääräistä tai sitä parempaa tasoa. Samaan tapaan, vaikka tarkastajien vauriopisteisiin perustuvat keskimääräiset PL ja SP ovat korkeita voi laadunmittauksissa tehdyt vastaavat kustannusarviot olla varsin tarkkoja.

Koska tarkastusten lukumäärä tarkastajaa kohden on melko pieni, tulosten perusteella ei voida luotettavasti päätellä, johtuuko havaitut poikkeamat tarkastajakohtaisista eroista vai itse tarkastukseen tai tarkastettavaan siltaan liittyvistä tekijöistä.

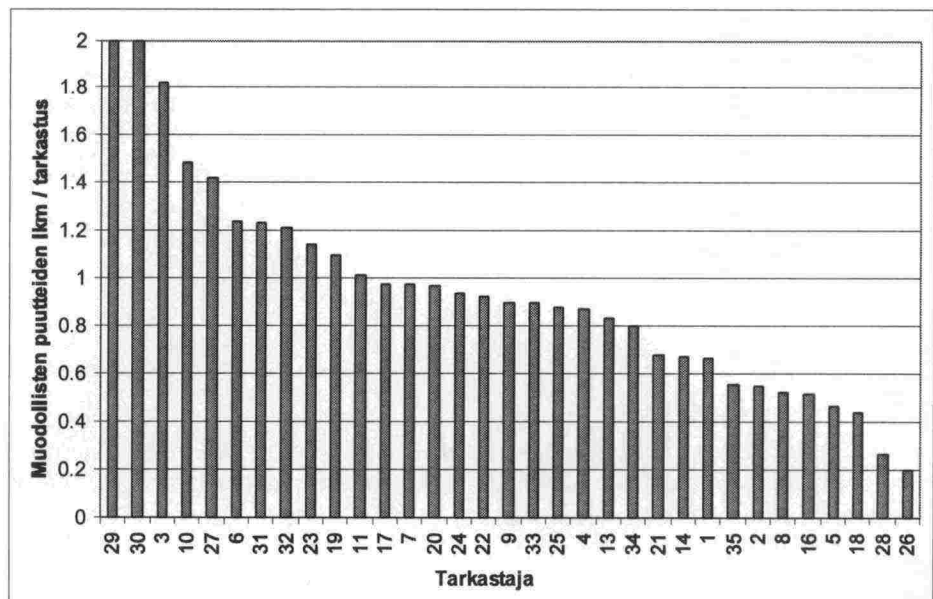


Kuva 21. Tarkastajakohtaiset vauriopisteisiin perustuvien poikkeamalukujen ja suhteellisten poikkeamalukujen keskimääräiset arvot. Tarkastelussa on mukana kaikki tarkastajan vuonna 2007 tekemät kontrollitarkastukset ja yleistarkastukset joista on tehty laadunmittauksia. Tarkastusten lukumäärä on esitetty suluissa.



Kuva 22. Tarkastajakohtaiset korjauskustannuksiin perustuvat poikkeamalukujen ja suhteellisten poikkeamalukujen keskimääräiset arvot. Tarkastelussa on mukana kaikki tarkastajan vuonna 2007 tekemät kontrollitarkastukset ja yleistarkastukset joista on tehty laadunmittauksia. Tarkastusten lukumäärä on esitetty suluissa. Tarkastajien numerointi vastaa kuvan 21 numerointia.

Kuvassa 23 on esitetty sillantarkastustietojen puutteiden ja muodolliset virheiden keskimääräinen lukumäärä tarkastusta kohden tarkastajittain. Kuvan perusteella tarkastajien välillä on huomattavia eroja.



Kuva 23. Muodollisten puutteiden lukumäärä tarkastusta kohden vuonna 2007 tarkastajittain. Tarkastelussa on mukana kaikki tarkastajan vuonna 2007 tekemät yleistarkastukset. Tarkastajien numerointi vastaa kuvan 21 numerointia.

5 TULOSTEN LUOTETTAVUUS

Tässä raportissa esitetyt luvut ovat suuntaa-antavia ja niiden tarkoituksena ennen kaikkea kuvata laadun kehitystä ja nostaa esille tärkeitä pidettyjä näkökohtia. Tarkkoihin lukuarvoihin tulee suhtautua varauksella. Ensinnäkin, laadunmittauksia on tehty nykyisessä muodossa viisi vuotta. Samanaikaisesti ohjeistus, tarkastuskäytäntö ja tarkastusten laatu ovat muuttuneet ja kehittyneet. Yleistarkastusten laatua koskevaa tilastotietoa on verrattain vähän ja eri vuosien luvut poikkeavat osin huomattavastikin toisistaan. Tilastollinen päättely ei tässä tilanteessa ole aina mahdollista eikä välttämättä edes mielekästä. Toiseksi, laatua kuvaavien tunnuslukujen suuri hajonta ja pieni otoskoko aiheuttavat epävarmuutta. Tämän vuoksi, raportissa on pyritty kuvaamaan tuloksia tunnuslukujen mediaanien ja jakaumien avulla. Taulukossa 9 on esitetty keskeisten laatua kuvaavien tunnuslukujen mediaanit ja niiden 95 % luottamusvälit.

Taulukko 9. Yleistarkastusten laatua kuvaavien tunnuslukujen mediaanit ja mediaanien 95 %:n luottamusvälit vuonna 2007.

| Tunnusluku | L _{0,95} | Mediaani | U _{0,95} |
|------------|-------------------|----------|-------------------|
| PL | 0,17 | 0,23 | 0,36 |
| SP | 0,10 | 0,15 | 0,23 |
| PL_kust | 0,13 | 0,28 | 0,54 |
| SP_kust | 0,06 | 0,14 | 0,26 |
| PL_kti | 0,18 | 0,26 | 0,44 |
| SP_kti | 0,35 | 0,41 | 0,46 |
| SP_lyk | 0,01 | 0,04 | 0,09 |

Yksittäisten tarkastajien osalta laadunmittausten tulokset eivät ole tilastollisesti luotettavia. Otoskoko on pieni ja tunnuslukujen todellista jakaumaa ei tiedetä. Yleistarkastusten laatu voi siten osittain erota havaituista laadunmittausten tuloksista. Tarkoituksena onkin ollut kuvata tarkastajajoukon tuloksia tunnuslukujen avulla ja esittää miten mahdollisia poikkeamia voidaan näin tunnistaa. Ennen kuin tehdään päätelmiä yksittäisen tarkastajan laadusta tai ryhdytään yksittäistä tahoa koskeviin toimenpiteisiin, tulee tulokset varmentaa poikkeamaraporttien ja tarkastajan tekemien muiden tarkastusten ja niitä koskevien dokumenttien avulla.

6 SUOSITUKSET

6.1 Yleistä

Yleisesti tarkastusten laatua voidaan parantaa 1) lisäämällä ja tehostamalla koulutusta, 2) parantamalla ohjeistusta, 3) asettamalla laatutavoitteita ja muuttamalla poikkeamaraportointirajoja, 4) tehostamalla laatuun liittyviä motivointi-, palkkio- ja sanktiojärjestelmiä, 5) tehostamalla laadunvalvontajärjestelmää ja 6) lisäämällä laadutietoutta tarkastajien keskuudessa.

Suosittelavat laadunhallintajärjestelmään, laadunvalvontaan ja laadunkehitykseen liittyvät toimet on esitetty alla omissa kappaleissaan.

6.2 Laadunhallintajärjestelmä

Laadunkehitystyön tulee olla systemaattista, tavoitteellista, organisoitua ja pitkäjänteistä. Siltojen yleistarkastusten osalta voidaan perustellusti sanoa, että laatu on saatu hallintaan. 2000-luvulla on luotu toimiva kontrollijärjestelmä, laadun mittarit ja mittaajien koulutusjärjestelmä. Nykyinen laadunhallintajärjestelmä ei kuitenkaan juurikaan ota kantaa pitkän aikavälin tavoitteisiin. Laadunhallintajärjestelmää voidaan edelleen kehittää:

- 1) määrittämällä laadunhallinnan visio, strategia ja tavoitteet
- 2) seuraamalla laadun tunnuslukuja systemaattisesti
- 3) määrittämällä kehityssuunnitelma ja päivittämällä sitä systemaattisesti

Visio ja strategia luovat pohjan laadun kehittämiseksi. Lyhyesti, visio määrittää mihin laadunkehitystyössä pyritään ja strategia miten tavoitetila pyritään saavuttamaan. Tavoitetila tulisi esittää konkreettisten laatutavoitteiden avulla, joiden määrittämisessä tulisi ottaa kantaa myös tiedon hyödyntämiseen. Taulukossa 10 on esitetty esimerkinomaisesti eri laatumittarien suuntaantavat tavoitearvot.

Taulukko 10. Suuntaa-antavat laatumittarien pitkän tähtäimen tavoitearvot

| Laadun mittari | Vuoden 2007 tulos | Tavoitearvo 1-2 vuotta | Tavoitearvo 3-5 vuotta |
|---------------------|-------------------|------------------------|------------------------|
| VPS | | | |
| PL | 0,29 | 0,25 | 0,20 |
| SP | 0,22 | 0,17 | 0,10 |
| Korjauskust. | | | |
| SP_kust | 0,38 | 0,28 | 0,20 |

Tällä hetkellä yleistarkastusten laadun tunnuslukuja raportoidaan ja analysoidaan muutaman vuoden välein. Edellinen laaturaportti käsitteli vuoden 2004 tilannetta ja viimeisin kuvaajien ja tunnuslukujen laajempi päivitys on vuodelta 2005. Laadun raportoinnista tulisi siirtyä laadun monitorointiin ja valittuihin osa-alueisiin keskittyvään kohdennettuun analyysiin. Toisin sanoen, keskeisiä laadun tunnuslukuja tulisi seurata vuosittain, minkä lisäksi kehitystyö kannattaa keskittää muutamalle painopistealueelle ja monitoroinnissa mahdollisesti havaittuihin ongelmakohtiin.

Tarkastusten laadun ja laadunhallintajärjestelmän kehittyessä laadun parantaminen tulee vaativammaksi. Samalla resurssimäärällä on vaikea toteuttaa vastaavaa laadun paranemaa kuin kehityksen alkuvaiheessa. Tästä syystä laadunkehitystyön suunnittelu tulee yhä tarpeellisemmaksi. Tätä voidaan toteuttaa esimerkiksi ylläpitämällä kehityssuunnitelmaa, priorisoitua listaa mahdollisista laadunkehittämistoimenpiteistä aikatauluineen ja kustannusarvioineen.

6.3 Laadunvalvonta

Tuotantotarkastusten laadunvalvontaa voidaan edelleen kehittää seuraavilla toimilla:

1) *Poikkeamaraporttien systemaattinen läpikäynti ja analyysi.*

Laadunmittausten yhteydessä tehdään vuosittain useita poikkeamaraportteja, jotka nostavat esille keskeisiä laatu-poikkeamia ja mahdollisesti myös niihin johtaneita syitä. Tätä tietoa ei juurikaan hyödynnetä ongelmakohtien selvittämiseen verkkotasolla. Esim. mitkä ovat yleisimmät laatu-poikkeamien syyt? Olisiko näihin poikkeamiin mahdollista puuttua ohjeistusta tai koulutusta kehittämällä?

2) *Otannan kehittäminen*

Laadunmittausten otantaa tulisi valvoa valtakunnan tasolla. Näin voitaisiin varmistaa eri siltaryhmien edustavuus ja laadunmittausten alueellinen kattavuus. Jatkossa tulisi arvioida myös suurten siltöjen tarkastusten laatua. Vuonna 2007 laadunmittaukset jakautuivat melko hyvin eri siltatyyppejen kesken, mutta laadunmittausten määrässä oli huomattavia eroja tiepiirien välillä.

3) *Laadunmittausten organisointi*

Laadunmittaustilaisuudet tulisi mahdollisuuksien mukaan järjestää siten, että tuotantomittausten ja kontrollimittausten tekijät edustavat eri toimittajia. Jos laadunmittaukset ja poikkeamien tarkastelu tehdään toimittajakohtaisesti, saattaa laadunmittaustulosten edustavuus kärsiä, osa mahdollisista ongelma-alueista jää huomaamatta ja tiedonvaihto toimittajien välillä ei toteudu.

4) *Tietöjen rekisteriin kirjauksen ja rekisterissä havaittujen poikkeamien ja muodollisten puutteiden analysointi*

Siltöjen yleistarkastusten laadunvarmistus on keskittynyt pääasiassa maastossa tehtävien havaintöjen eroihin sillantarkastajien välillä. Tietöjen rekisteriin syöttö on keskeinen osa tietöjen tuottamisprosessia, siksi myös siihen tulisi kiinnittää huomiota laadunvarmistuksen yhteydessä. Sillantarkastusten laatua voidaan edelleen kehittää käymällä läpi rekisterissä havaittuja ristiriitaisuuksia ja muodollisia puutteita sekä esim. tarkastamalla miten muodolliset puutteet on selvitetty tarkastusten yhteydessä. Näiden tulosten perusteella voidaan osaltaan arvioida myös toimittajien laadunvarmistusta rekisteriin kirjauksen yhteydessä.

6.4 Laatuun vaikuttavien tekijöiden analysointi

Laadunmittauksilla saadaan huomattava määrä tietoa yleistarkastusten laadusta ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Tätä tietoa ei ole juurikaan hyödynnetty laadunvarmistuksen kehittämisessä. Tyypillisesti havaitut poikkeamat selitetään tarkastajakohtaisilla eroilla tai ohjeistuksessa havaituilla puutteilla. Näiden lisäksi tarkastusten laatuun vaikuttavat todennäköisesti myös muut tekijät kuten sillan vauriopistesumma, pinta-ala, tarkastukseen käytetty aika, tietöjen jälkitarkastus rekisteriin syötön yhteydessä, sillan päärakennusmateriaali jne. Analysoimalla tarkastusten laatuun vaikuttavia tekijöitä voidaan tunnistaa tarkastustoiminnan kriittisiä kohtia, joihin laadunkehitystyö ja tarkastajien koulutus tulisi jatkossa suunnata.

6.5 Koulutuksen tehostaminen

Vuoden 2004 laaturaportissa yhtenä kehityskohteena esitettiin tarkastustoimintaan liittyvän koulutuksen tehostaminen. Tämä suositus on edelleen ajankohtainen. Huomiota tulisi kiinnittää erityisesti tarkastusten ongelma-alueisiin. Ongelma-alueita voidaan kartoittaa poikkeamaraporttien, tarkastajille suunnattujen kyselyiden ja laadunmittaustietojen perusteella. Laadunvarmistuksen kannalta keskeistä on jakaa ongelma-alueisiin liittyvää tietoa mahdollisimman tehokkaasti toimijoiden välillä. Tämä seikka on tullut entistä tärkeämmäksi. Laadunmittaukset tehdään enenevässä määrin toimittajakohteisesti, jolloin ongelmakohtiin liittyvä tieto ei kulje eri toimittajien välillä.

6.6 Poikkeamaraportointirajat

Poikkeamaraportointirajojen toimivuus on yksi laadunvarmistuksen keskeisistä kohdista. Portaittaiset poikkeamaraportointirajat muutettiin vuonna 2005 paloittain lineaarisiksi. Jatkossa rajojen toimivuutta olisi hyvä analysoida saatujen tulosten perusteella. Näin voidaan varmistaa, että asetetut rajat nostavat esille keskeiset laatuongelmat asettamatta kuitenkaan liian tiukkaa seulaa nykyiseen laatuotasoon nähden.

Vuoden 2007 laadunmittaustulosten perusteella poikkeamaraportointirajoja ei tule tiukentaa. Vaikka nykyiset poikkeamaraportointirajat eivät takaa riittävä laatutasoa, ei rajojen tiukentaminen välttämättä johda haluttuihin tuloksiin. Nykyinen melko suuri poikkeamaraporttien määrä (noin 40 % tarkastuksista) saattaa heikentää raportointimenettelyn tehoa. Raportoinnista tulee rutiinitoimenpide, joka ei johda korjaaviin toimenpiteisiin. Keskeistä on, että havaittuihin poikkeamiin puututaan ja poikkeamat johtavat tarvittaessa riittäviin seuraamuksiin. Poikkeamaraportointirajojen tiukentaminen tulee toteuttaa pidemmällä aikavälillä laadun kehityksen myötä.

6.7 Muu siltojen tarkastustoiminta

Edellä on käsitelty siltojen yleistarkastusten laatua. Siltatietojen hyödyntämisen kannalta monesti myös muut tarkastukset ovat vähintään yhtä tärkeässä asemassa. Esimerkiksi vastaanottotarkastusten yhteydessä tehtyjen kirjausten laatua ei ole juurikaan tutkittu.

7 LIITTEET

Laatua kuvaavat tunnusluvut

LAATUA KUVAAVAT TUNNUSLUVUT

Vauriopistesummaan perustuvat tunnusluvut

Siltakohtainen vauriopistesumma **VPS** lasketaan seuraavasti:

$$VPS = \sum_i (\text{rakenneosaryhmän_painokerroin} * \text{rakenneosan_kuntoarviopisteet} * \text{korjauksen_kiireellisyyspisteet} * \text{vaurioluokkapisteet})_i$$

Rakenneosaryhmän painokertoimet, rakenneosan kuntoarvioita vastaavat kuntoarviopisteet, vaurion kiireellisyysarviota vastaavat kiireellisyyspisteet ja vaurioluokkaa vastaavat vaurioluokkapisteet on määriteltä siltarekisterin opasteissa (Tiehallinto 2007), sekä sillantarkastajan käsikirjassa (Tiehallinto 2006).

Vauriopisteisiin perustuva poikkeamaluku **PL** lasketaan seuraavasti

$$PL = \frac{\sum_{t=1}^n |VP_{r,t} - VP_{r,ka}|}{\frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 VPS_j},$$

missä $VP_{r,t}$ on tarkastajan t rakenneosalle r antamien vauriopisteiden summa ja $VP_{r,ka}$ yleistarkastuksen ja kontrollitarkastusten vauriopisteiden päärakenneosakohtainen korjattu keskiarvo. Keskiarvo lasketaan kaavasta

$$VP_{r,ka} = \begin{cases} \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 VP_{r,j}, & \text{kun } \frac{\max_{\substack{j,k=1,2,3 \\ j \neq k}} |VP_{r,j} - VP_{r,k}|}{\min_{\substack{j,k=1,2,3 \\ j \neq k}} |VP_{r,j} - VP_{r,k}|} < 3, \text{ muulloin} \\ \frac{1}{2} (VP_{r,j} + VP_{r,k}), & \text{missä } j \text{ ja } k \text{ minimoi lausekkeen } |VP_{r,j} - VP_{r,k}| \end{cases}$$

Vauriopisteisiin perustuva tarkastuksen t suhteellinen poikkeama **SP** saadaan kaavasta

$$SP_t = \frac{\left| VPS_t - \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 VPS_j \right|}{\frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 VPS_j}$$

Korjauskustannuksiin perustuvat tunnusluvut

Tarkastuskohtainen korjauskustannusarvioiden poikkeamaluku **PL_kust_t** lasketaan seuraavasti:

$$PL_kust_t = \frac{\sum_{r=1}^n |KK_{r,t} - KK_{r,ka}|}{\sum_{r=1}^n KK_{r,ka}},$$

missä $KK_{r,t}$ on tarkastajan t rakennelosalle r antamien korjauskustannusten summa ja $KK_{r,ka}$ on yleistarkastuksen ja kontrollitarkastusten rakennelosan r korjauskustannusten korjattu keskiarvo. Korjattu keskiarvo lasketaan kaavasta:

$$KK_{r,ka} = \begin{cases} \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 KK_{r,j}, & \text{kun } \frac{\max_{\substack{j,k=1,2,3 \\ j \neq k}} |KK_{r,j} - KK_{r,k}|}{\min_{\substack{j,k=1,2,3 \\ j \neq k}} |KK_{r,j} - KK_{r,k}|} < 3, \text{ muulloin} \\ \frac{1}{2} (KK_{r,j} + KK_{r,k}), & \text{missä } j \text{ ja } k \text{ minimoi lausekkeen } |KK_{r,j} - KK_{r,k}| \end{cases}$$

Tarkastuksen t korjauskustannusten suhteellinen poikkeama **SP_kust_t** on määritelty seuraavasti:

$$SP_kust_t = \frac{|KK_t - \sum_{r=1}^n KK_{r,ka}|}{\sum_{r=1}^n KK_{r,ka}}.$$

ISSN 1459-1553
ISBN 978-952-221-096-8
TIEH 3201102-v